

417836



Павел Иванович
РОГОВСКИЙ



ОЧЕРКИ АСТРОНОМІИ

ДЖОНА ГЕРШЕЛЯ.

417836,
192
ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО ШЕСТАГО ИЗДАНІЯ

А. ДРАШУСОВА.



Съ тремя рисунками, гравированными и отпечатанными въ Лондонѣ.

МОСКВА.

1862.

Павел Иванович
РОГОВСКИЙ

ОЧЕРКИ АСТРОНОМІИ.

Polobckin
Nikolajev

Polobckin Nikolajev

ОЧЕРКИ АСТРОНОМИИ

ДЖОНА ГЕРШЕЛЯ.

417836
+
ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО ШЕСТАГО ИЗДАНІЯ

А. ДРАШУСОВА.

Томъ II.

Съ тремя таблицами рисунковъ.



МОСКВА.

Въ типографіи Каткова и К^о.

1862.

ПОЛОВОСКИН

Одобрено цензурой, въ Москвѣ, 22 сентября, 1862 года.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ЧАСТЬ II.

О ЛУННЫХ И ПЛАНЕТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХЪ.

Стр.

ГЛАВА XII. Общее понятие о предметѣ.—Задача о трехъ тѣлахъ.—Совмѣщеніе малыхъ движеній.—Измѣреніе возмущающей силы.—Ея геометрическое выраженіе.—Ея числовая величина въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ.—Разложеніе силы на прямоугольныя составныя.—Возмущающія силы въ направленіи радіуса, поперечныя, ортогональныя, нормальныя и касательныя.—Ихъ характеристическое вліяніе.—Вліяніе ортогональной силы.—Движеніе узловъ.—Условія ихъ прямого и обратнаго движенія.—Случаи возмущенія виѣшней планеты внутреннею планетою.—Обратный случай.—Узелъ возмущенной орбиты вообще всегда отстываетъ на возмущающей орбитѣ.—Совокупное вліяніе многихъ подобныхъ возмущеній.—Движеніе лунныхъ узловъ.—Измѣненіе наклоненія.—Условія его увеличиванія и уменьшенія.—Общее вліяніе въ продолженіе цѣлаго обращенія.—Вознагражденіе въ теченіе полнаго обращенія.—Теорема Лагранжа о постоянствѣ въ наклоненіи планетныхъ орбитъ.—Измѣненія наклоненія эклиптики.—Объясненіе предваренія равноденствій.—Колебаніе.—Начало сотрясеній.	1—39
---	------

ГЛАВА XIII. Теорія осей, перигеліевъ и эксцентритетовъ. Объ измѣненіи элементовъ вообще.—Различіе между періодическими и вѣковыми измѣненіями.—Геометрическое выраженіе	
---	--

силъ касательной и нормальной.—Измѣненіе большой оси отъ вліянія касательной силы.—Теорема Лагранжа о сохраненіи среднихъ разстояній и періодовъ.—Теорія перигеліевъ и эксцентрицитетовъ.—Геометрическое изображеніе ихъ мгновенныхъ измѣненій.—Опредѣленіе возмущающей силы въ орбитахъ почти круглыхъ.—Приложеніе къ Лунѣ.—Теорія лунныхъ апсидовъ и луннаго эксцентрицитета.—Опытный примѣръ.—Приложеніе предшествовавшихъ началъ къ теоріи планетъ.—Вознагражденіе въ орбитахъ почти совершенно круглыхъ.—Вліяніе эллиптичности.—Общіе результаты.—Теорема Лагранжа объ устойчивости эксцентрицитетовъ. 40—87

Глава XIV. О неравенствахъ, не зависящихъ отъ эксцентрицитетовъ.—Варіація и паралактическое неравенство Луны.—Соотвѣтствующія планетныя неравенства.—Три различные случая планетныхъ возмущеній.—О неравенствахъ, зависящихъ отъ эксцентрицитетовъ.—Долговременное неравенство Юпитера и Сатурна.—Законъ взаимности между періодическими измѣненіями элементовъ обѣихъ планетъ.—Долговременное неравенство Земли и Венеры.—Измѣненіе эпохи.—Неравенства эпохи, имѣющія вліяніе на среднее движеніе.—Объясненіе постоянной части этихъ неравенствъ.—Годовое уравненіе Луны.—Вѣковое ускореніе Луны.—Лунныя неравенства отъ вліянія Венеры.—Вліяніе сфероидальной формы Земли и другихъ планетъ на движенія ихъ спутниковъ.—О приливахъ и отливахъ.—Опредѣленіе массъ возмущающихъ тѣлъ, помощію производимыхъ ими возмущеній.—Массы Луны и спутниковъ Юпитера и способъ ихъ опредѣленія.—Возмущенія Урана, послужившія къ открытію Нептуна.—Опредѣленіе абсолютной массы и плотности Земли. 88—170

ЧАСТЬ III.

ЗВѢЗДНАЯ АСТРОНОМІЯ.

Стр.

Глава XV. Неподвижныя звѣзды.—Ихъ раздѣленіе по величинамъ.—Фотометрическая мѣра величины.—Условная или обыкновенная мѣра.—Фотометрическое сравненіе звѣздъ.—Распределеніе звѣздъ на небѣ.—Млечный Путь.—Предполагаемая форма этого Пути имѣетъ видъ плоскаго, отчасти раздѣленнаго пласта.—Теченіе Млечнаго Пути между созвѣздіями.—Его внутреннее устройство.—Въ нѣкоторыхъ направленіяхъ онъ имѣетъ, по видимому, безграничное протяженіе.—Разстояніе неподвижныхъ звѣздъ.—Ихъ годичный параллаксъ.—Параллактическая единица звѣздныхъ разстояній.—Вліяніе параллакса сходно съ вліяніемъ абераціи.—Чѣмъ оно отличается отъ послѣдняго.—Определеніе параллакса полуденными наблюденіями.—Приложеніе этого способа Гендерсономъ къ α Кентавра.—Определеніе параллакса дифференціальными наблюденіями.—Открытія Бесселя и Струве.—Списокъ звѣздъ, которыхъ параллаксъ былъ найденъ.—Истинная величина звѣздъ.—Сравненіе ихъ свѣта съ свѣтомъ Солнца. 171—208

Глава XVI. Переменныя и періодическія звѣзды.—Списокъ извѣстныхъ доселѣ свѣтилъ этого рода.—Неправильности ихъ періодовъ и степени наибольшаго блеска.—Неправильныя и временныя звѣзды.—Древнія китайскія преданія о подобныхъ звѣздахъ.—Пропавшія звѣзды.—Двойныя звѣзды.—Ихъ классификація.—Образцы каждаго класса.—Двойныя системы.—Обращеніе другъ около друга.—Двойныя звѣзды описываютъ эллиптическія орбиты подѣ вліяніемъ Ньютонова закона тяготѣнія.—Элементы нѣкоторыхъ орбитъ.—Истинные размѣры орбитъ.—Цвѣтныя двойныя звѣзды.—

Явленіе дополнительныхъ цвѣтовъ. — Багровыя звѣзды. — Собственное движеніе звѣздъ. — Оно отчасти объясняется движеніемъ Солнца. — Положеніе точки, къ которой стремится Солнце. — Южныя и сѣверныя звѣзды даютъ согласные результаты. — Начала, на которыхъ основывается изслѣдованіе движенія Солнца. — Истинная скорость движенія Солнца. — Предположеніе объ обращеніи всей звѣздной системы около общаго центра. — Системный параллаксъ и системная абберрація. — Вліяніе движенія свѣта на измѣненіе видимаго періода двойной звѣзды. 209—250

Глава XVII. О скученныхъ звѣздахъ и туманностяхъ. Группы скученныхъ звѣздъ. — Шарообразныя группы этого рода. — Динамическая возможность ихъ устойчивости. — Списокъ самыхъ замѣчательныхъ скопищъ звѣздъ. — Классификація туманностей и скопищъ звѣздъ. — Ихъ распредѣленіе на небѣ. — Неправильныя группы скученныхъ звѣздъ. — Разрѣшимыя туманности. — Теорія образованія скученныхъ группъ отъ сгущенія туманностей. — Эллиптическія туманности. — Туманность въ Андромедѣ. — Кольцеобразныя и планетныя туманности. — Туманныя звѣзды. — Соотношеніе туманностей съ двойными звѣздами. — Отдѣльныя туманности не совсѣмъ неправильной формы. — Безвидныя туманности. — По закону ихъ распредѣленія слѣдуетъ разсматривать ихъ какъ пограничныя придатки Млечнаго Пути. — Туманности и туманная группа въ Оріонѣ, въ Аргосѣ, въ Стрѣльцѣ, въ Лебедѣ. — Магеллановы Облака. — Странныя туманности въ большомъ облакѣ. — Зодіакальный свѣтъ. — Падающія звѣзды. — Соображенія о динамическомъ происхожденіи солнечнаго тепла. 251—287

ЧАСТЬ IV.

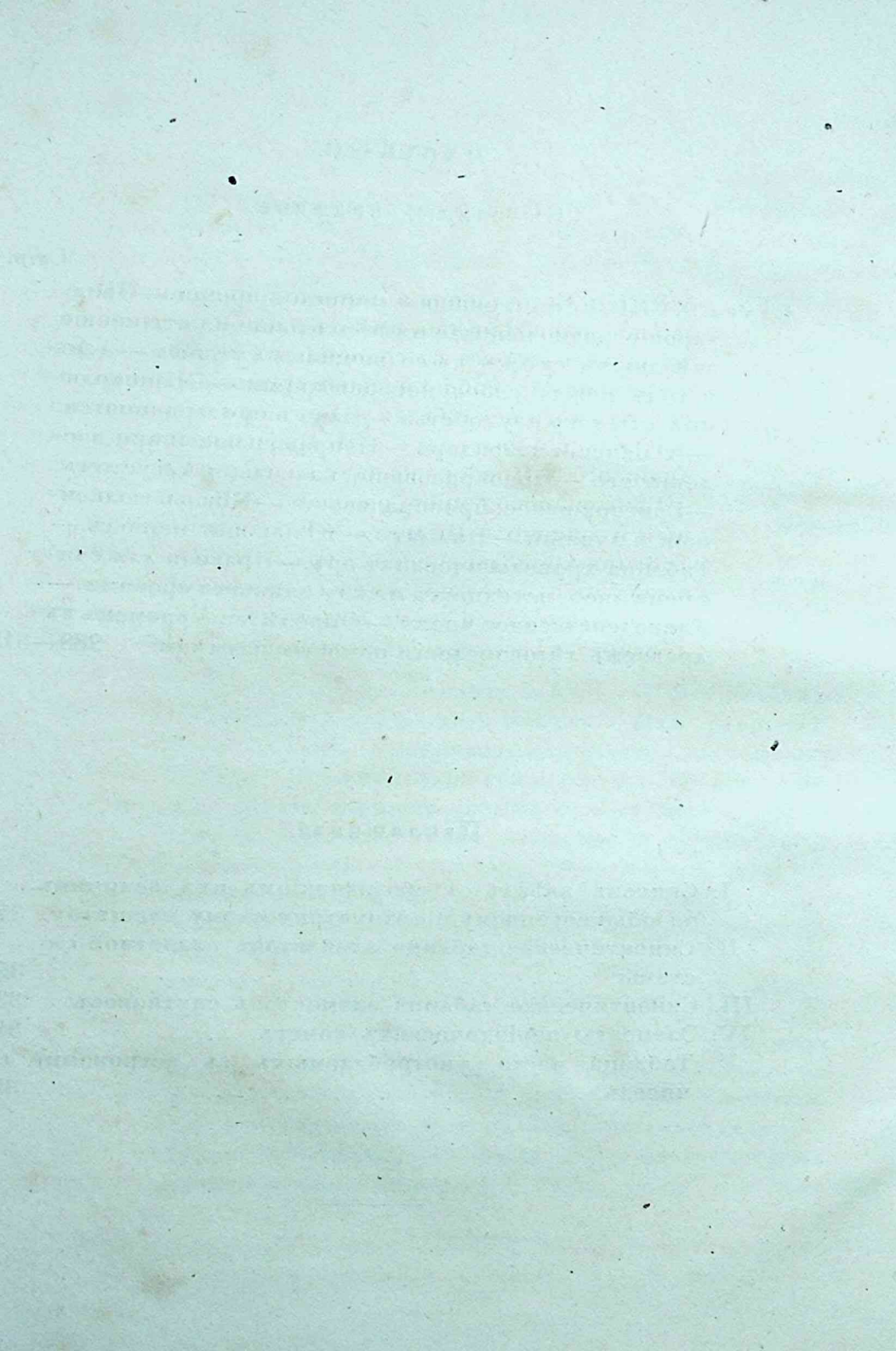
СЧИСЛЕНІЕ ВРЕМЕНИ.

Стр.

Глава XVIII. Естественныя единицы времени.—Предвареніе равноденствія имѣетъ вліяніе на отношеніе звѣздныхъ сутокъ къ солнечнымъ суткамъ.—День и годъ между собою несоизмѣримы.—Происходящія отъ того неудобства.—Какъ они отвращаются.—Юліанскій календарь.—Неправильности при введеніи его.—Преобразование календаря Августомъ.—Григоріанское преобразование.—Циклы солнечный и лунный.—Индиктъ.—Юліанскій періодъ.—Таблица хронологическихъ эръ.—Правила для счисленія дней, истекшихъ между данными сроками.—Равноденственное время.—Опредѣленіе времени въ древнемъ лѣтосчисленіи помощію затмѣній. . 288—318

ПРИЛОЖЕНІЯ.

- I. Спикокъ звѣздъ съ обозначеніемъ ихъ величинъ по обыкновенному и фотометрическому масштабу. 321
- II. Синоптическая таблица элементовъ планетной системы. 326
- III. Синоптическая таблица элементовъ спутниковъ. . 337
- IV. Элементы періодическихъ кометъ. 340
- V. Таблица часто употребляемыхъ въ астрономіи чиселъ. 341



ЧАСТЬ II.

О ЛУННЫХЪ И ПЛАНЕТНЫХЪ ВОЗМУЩЕНІЯХЪ.

«Magnus ab integro saeculorum nascitur ordo.» Virg. *Pollio*.

ГЛАВА XII.

Общее понятіе о предметѣ. — Задача о трехъ тѣлахъ. — Совмѣщеніе малыхъ движеній. — Измѣреніе возмущающей силы. — Ея геометрическое выраженіе. — Ея числовая величина въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ. — Разложеніе силы на прямоугольныя составныя. — Возмущающія силы въ направленіи радіуса, поперечныя, ортогональныя, нормальныя и касательныя. — Ихъ характеристическое вліяніе. — Вліяніе ортогональной силы. — Движеніе узловъ. — Условія ихъ прямого и обратнаго движенія. — Случай возмущенія внѣшней планеты внутреннею планетою. — Обратный случай. — Узелъ возмущенной орбиты вообще всегда отступаетъ на возмущающей орбитѣ. — Совокупное вліяніе многихъ подобныхъ возмущеній. — Движеніе лунныхъ узловъ. — Измѣненіе наклоненія. — Условія его увеличиванія и уменьшенія. — Общее вліяніе въ продолженіе цѣлаго обращенія. — Вознагражденіе въ теченіе полного обращенія. — Теорема Лагранжа о постоянствѣ въ наклоненіи планетныхъ орбитъ. — Измѣненія наклоненія эклиптики. — Объясненіе предваренія равноденствій. — Колебаніе. — Начало сотрясеній.

645. Въ нашемъ сочиненіи мы уже часто обращали вниманіе читателя на существованіе въ движеніяхъ Луны и планетъ такихъ неравенствъ, которыя не включаются въ выраженіе законовъ Кеплера, но составляютъ какъ бы ихъ дополненіе, и имѣютъ такую незначительную величину, сравни-

тельно съ этими первенствующими чертами планетныхъ движеній, что для открытія ихъ требуются болѣе тонкія наблюденія и болѣе продолжительныя сравненія фактовъ съ теоріями, нежели тѣ, которыя были достаточны для вывода и повѣрки эллиптической теоріи. Эти неравенства извѣстны въ физической астрономіи подъ названіемъ *возмущеній*. Въ первостепенныхъ планетахъ они возникаютъ вслѣдствіе взаимныхъ тяготѣній планетъ между собою, нарушающихъ ихъ эллиптическое движеніе вокругъ Солнца; а въ спутникахъ они возбуждаются частію взаимнымъ притяженіемъ спутниковъ одной и той же системы, измѣняющихъ ихъ эллиптическое движеніе вокругъ главной планеты, и частію неравнымъ притяженіемъ Солнца и другихъ планетъ на центральную планету и на спутниковъ. Эти возмущенія малы, и въ болѣемъ числѣ случаевъ бываютъ не замѣтны въ теченіе короткихъ промежутковъ времени; но нѣкоторыя изъ нихъ, накопляясь въ многіе вѣка, значительно измѣняютъ первоначальныя эллиптическія соотношенія, въ такой степени, что элементы планетныхъ орбитъ, вполнѣ представлявшія движеніе планетъ въ извѣстную эпоху, перестаютъ соответствовать этимъ движеніямъ по истеченіи долгаго времени.

646. Когда Ньютонъ, силою своихъ умозаключеній, вывелъ изъ общихъ очерковъ небесныхъ движеній законъ всемірнаго тяготѣнія, дѣйствующій на все вещество и подчиняющій каждую частицу во вселенной притяженію всѣхъ другихъ частицъ; то отъ его вниманія не ускользнули тѣ измѣненія, которыя должны произойти, вслѣдствіе подобнаго обобщенія, въ частномъ и ограниченномъ приложеніи этого закона къ обращенію планетъ вокругъ Солнца и спутниковъ вокругъ планетъ, какъ *единственныхъ* центровъ притяженія. Напротивъ того, съ своею необыкновенною проникательностію, онъ ясно усмотрѣлъ, какимъ образомъ, при такомъ общемъ понятіи о способѣ дѣйствія притягательной силы, возникаютъ многія главныя неравенства движенія Луны, особенно обратное движеніе узловъ и прямое обращеніе апсидовъ ея орбиты. Онъ не распространилъ своихъ изслѣдованій

на взаимныя возмущенія планетъ, не потому чтобы не видѣлъ, что подобныя возмущенія *должны* существовать, и *могутъ* со временемъ произвести большія измѣненія въ настоящемъ положеніи системы; но потому, что, при тогдашнемъ несовершенствѣ практическихъ приѣмовъ, астрономія еще не достигла въ его время той точности, которая содѣлываетъ подобныя изысканія привлекательными и возможными. Чего не докончилъ Ньютонъ, то было совершено его преемниками; и мы имѣемъ право сказать утвердительно, что всѣ тѣ большія и малыя возмущенія, которыя только можно было открыть и обнаружить точными наблюденіями, въ настоящее время объяснены взаимнымъ притяженіемъ различныхъ частей системы, что числовая величина этихъ возмущеній опредѣлена строгимъ вычисленіемъ на основаніи Ньютоновыхъ началъ.

647. Для успѣшнаго исполненія вычисленій этого рода необходимы пособія того высшаго анализа, который не позволяютъ намъ объяснить предѣлы и цѣль настоящаго сочиненія. Читатель, желающій ознакомиться съ этими вычисленіями, долженъ приготовить себя къ нимъ обширными предварительными занятіями, и подвигаться впередъ постепенными шагами, которые мы даже не можемъ здѣсь обозначить. Мы постараемся показать въ этой главѣ свойство и способъ дѣйствія возмущающихъ силъ, и поставить на видъ тѣ обстоятельства, которыя, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, увеличиваютъ ихъ вліяніе въ значительной степени и доставляютъ имъ въ системѣ нѣкотораго рода *перевѣсъ*, между тѣмъ какъ въ другихъ случаяхъ, при одинаковой напряженности, дѣятельное стремленіе этихъ силъ произвести большія и постепенныя перемѣны въ общей совокупности уравнивается и утрачиваетъ свое вліяніе. Мы объяснимъ также сущность тѣхъ дивныхъ результатовъ касательно устойчивости нашей системы, къ которымъ изслѣдованія привели геометровъ, и которые, подъ видомъ простыхъ и изящныхъ математическихъ теоремъ, заключаютъ въ себѣ прошедшую и будущую исторію планетныхъ орбитъ, не имѣющую, съ этой точки воззрѣнія на предметъ, ни начала, ни конца.

648. Еслибы во вселенной существовало только два тѣла, Солнце и планета, то послѣдняя описывала бы вокругъ перваго правильный эллипсисъ (или оба тѣла вмѣстѣ обращались бы вокругъ общаго центра тяжести), и двигалась бы вѣчно по одной и той же орбитѣ. Съ прибавленіемъ третьяго тѣла, его притяженіе совлекаетъ два первыя тѣла съ ихъ орбитъ, и дѣйствуя на каждое изъ нихъ не одинаково, нарушаетъ ихъ взаимное соотношеніе и прерываетъ математическую точность ихъ эллиптическихъ движеній, не только относительно неподвижной точки въ пространствѣ, но и относительно другъ - друга. Разсматривая предметъ съ этой стороны, мы замѣчаемъ, что не все притяженіе третьяго тѣла обращается въ возмущающую силу, но только разность его притяженій на оба первоначальныя тѣла.

649. Въ сравненіи съ Солнцемъ всѣ планеты чрезвычайно малы; масса наибольшей изъ нихъ, Юпитера, составляетъ только одну 1100-ю часть Солнца. Поэтому всѣ ихъ взаимныя притяженія другъ на друга чрезвычайно слабы, сравнительно съ преобладающею центральною силой, и дѣйствія ихъ возмущающихъ силъ соразмѣрно незначительны. Что касается спутниковъ, то главный дѣятель, нарушающій правильность ихъ движеній, есть само Солнце; хотя его масса и огромна, но его возмущающее вліяніе чрезвычайно уменьшается отъ близости спутниковъ къ своимъ главнымъ планетамъ, въ сравненіи съ ихъ разстояніемъ отъ Солнца, вслѣдствіе чего разность его притяженій на оба тѣла чрезмѣрно мала сравнительно съ полною силой притяженія. Въ такомъ случаѣ бѣлая часть солнечнаго притяженія, дѣйствующая равно на оба тѣла, удерживаетъ планету и спутника на ихъ общей орбитѣ вокругъ Солнца и препятствуетъ имъ покинуть другъ друга. Только излишекъ въ притяженіи на одно тѣло надъ притяженіемъ на другое дѣйствуетъ какъ возмущающая сила. Средняя величина этого излишка, въ случаѣ возмущенія Луны Солнцемъ, по вычисленію Ньютона, не болѣе $\frac{1}{638000}$ тяжести на поверхности Земли, или $\frac{1}{179}$ главной силы, удерживающей Луну на ея орбитѣ.

650. По причинѣ чрезвычайно малой напряженности возмущающихъ силъ въ сравненіи съ главными силами, и происходящей отъ того незначительности ихъ *мгновенныхъ* дѣйствій, оказывается, что каждое подобное дѣйствіе можно опредѣлять отдѣльно, какъ будто бы прочія дѣйствія не существовали, не опасаясь подвергнуть наши заключенія такимъ ошибкамъ, которыя выходили бы изъ предѣловъ, погрѣшностей, неизбѣжныхъ въ первомъ приближеніи. Начало механики, непосредственно истекающее изъ основныхъ соотношеній между силами и происходящими отъ нихъ движеніями, показываетъ, что въ случаѣ, когда многія весьма малыя силы дѣйствуютъ вмѣстѣ на систему, тогда совокупное ихъ вліяніе равняется суммѣ отдѣльныхъ вліяній, по крайней мѣрѣ до тѣхъ поръ, пока первоначальное соотношеніе между различными частями системы не измѣняется ощутительнымъ образомъ отъ ихъ дѣйствія. Эти добавочныя вліянія къ главнымъ движеніямъ, зависящимъ отъ дѣйствія первоначальныхъ силъ, можно сравнить съ легкою рябью отъ тысячи измѣняющихся дуновеній вѣтра на широкихъ и правильныхъ волнахъ глубокаго океана; такія ряби распространяются какъ будто бы поверхность была плоская, и пересѣкаютъ ее во всѣхъ направленіяхъ, не смѣшиваясь одна съ другою, но каждая изъ нихъ такъ, какъ будто бы всѣ прочія не существовали. Только тогда, когда отъ накопленія этихъ добавочныхъ вліяній, въ теченіе долгаго времени, измѣняются первоначальныя соотношенія или данныя системы, бываетъ нужно принимать въ соображеніе возникшія перемѣны при опредѣленіи ихъ мгновеннаго дѣйствія, что имѣетъ вліяніе на величину послѣдующихъ перемѣнъ и условливаетъ происхожденіе необъятно продолжительныхъ періодовъ или цикловъ. Изъ этого разсмотрѣнія истекаютъ нѣкоторыя любопытнѣйшія теоріи физической астрономіи.

651. Отсюда явствуетъ, что при опредѣленіи возмущающаго вліянія различныхъ тѣлъ такой системы, въ которой одно изъ нихъ значительно преобладаетъ надъ всеми прочими, бесполезно затруднять себя сочетаніями возмущающихъ силъ другъ съ другомъ, исключая тѣ случаи, когда дѣ

касается чрезмѣрно длинныхъ періодовъ, состоящихъ напри-
мѣръ изъ многихъ сотенъ обращеній разсматриваемыхъ тѣлъ
вокругъ общаго центра. Такимъ образомъ, въ предпо-
ложенныхъ нами предѣлахъ, задача объ изслѣдованіи возму-
щенной системы, устроенной подобно нашей, какъ бы ни
были многочисленны ея члены, приводится къ рѣшенію за-
дачи о трехъ тѣлахъ: преобладающаго тѣла центральнаго,
тѣла возмущающаго и тѣла возмущаемаго; два послѣднія мо-
гутъ мѣняться названіями, смотря по тому, котораго изъ нихъ
движеніе составляетъ предметъ нашего изслѣдованія.

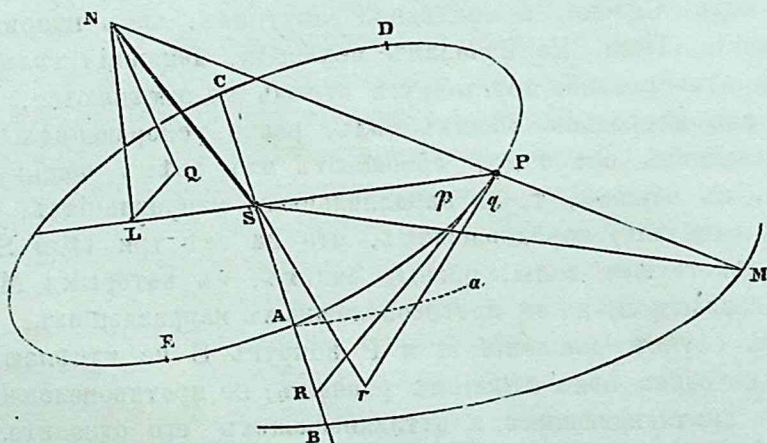
652. Напряженность и направленіе возмущающей силы
непрерывно измѣняются сообразно съ расположеніемъ тѣлъ,
возмущающаго и возмущаемаго, относительно Солнца. Еслибы
притяженіе возмущающаго тѣла M на центральное тѣло S
и на возмущаемое тѣло P (въ послѣдствіи, для краткости,
мы станемъ означать ихъ этими буквами) было одинаково и
дѣйствовало по параллельнымъ линіямъ, то, каковъ бы ни
былъ законъ измѣненія этой силы, въ эллиптическомъ дви-
женіи P вокругъ S , или каждаго изъ этихъ тѣлъ вокругъ
другаго, не произошло бы никакой перемѣны. Этотъ случай
совершенно сходенъ съ тѣмъ, который мы разсматривали въ
§ 490; при такихъ обстоятельствахъ, притяженіе M еже-
мгновенно вполнѣ соотвѣтствуетъ вліянію земной тяжести,
дѣйствующей съ равною напряженностію на всѣ тѣла, боль-
шія и малыя. Но не такъ бываетъ въ природѣ. Все ска-
занное о возмущающемъ вліяніи Солнца и Луны въ § слѣ-
дующемъ за тѣмъ, на который мы сослались выше, при-
лагается, съ соотвѣтствующими перемѣнами, ко всѣмъ слу-
чаямъ возмущенія. Вникнемъ теперь подробнѣе въ общія
основанія предмета, на который мы едва указали.

653. Чтобы получить ясное понятіе о томъ, какимъ
образомъ возмущающая сила производитъ свои разнообразныя
дѣйствія, нужно опредѣлить, для каждаго мгновенія и для
каждаго относительнаго положенія трехъ тѣлъ, ея направле-
ніе и напряженность, сравнительно съ тяготѣніемъ P къ S ,
въ силу котораго P , взятое отдѣльно, описывало бы эллипсисъ

вокругъ S , считаемаго неподвижнымъ, или правильнѣе, оба тѣла P и S обращались бы вокругъ своего общаго центра тяжести. Въ этой задачѣ, для большаго удобства и для большей ясности, слѣдуетъ считать одно изъ тѣлъ неподвижнымъ и относить къ нему, какъ къ центру, движенія остальныхъ двухъ тѣлъ. Если эти тѣла двѣ планеты, возмущающія другъ друга, то обыкновенно принимаютъ Солнце за неподвижный центръ. Если же тѣла эти спутники, взаимно возмущающіе другъ друга, или возмущаемые Солнцемъ, то движенія относятъ къ центру главной планеты, а самое Солнце разсматриваютъ какъ ея отдаленный массивный спутникъ, обращающійся вокругъ главной планеты по *относительной* орбитѣ, совершенно равной и сходной съ тою, которую эта послѣдняя *дѣйствительно* описываетъ около Солнца. Такимъ образомъ не нарушается общность употребляемыхъ нами выраженій, и когда мы говоримъ, касаясь какого-либо частнаго центральнаго тѣла, о внѣшней и внутренней планетѣ, то этими словами обнимается и тотъ случай, въ которомъ первое тѣло есть Солнце, а послѣднее спутникъ, какъ напримѣръ въ теоріи Луны. По началамъ механики, движенія тѣлъ системы относительно другъ-друга отнюдь не измѣняются, если одна или нѣсколько общихъ силъ, равно ускоряющихъ или замедляющихъ всѣ тѣла, сообщаютъ имъ всѣмъ общія движенія, въ общихъ, т.-е. параллельныхъ направленіяхъ. На этомъ основаніи, предположимъ, что на всѣ три тѣла S , P и M дѣйствуютъ силы, равныя силамъ, съ которыми M и P притягиваютъ S , но въ противоположныхъ направленіяхъ. Въ такомъ случаѣ движенія M и P вокругъ S не измѣняются, а S , находясь подъ вліяніемъ равныхъ, но противоположныхъ силъ, притягивающихъ и отталкивающихъ его относительно M и P , пребудетъ въ покоѣ. Разсмотримъ теперь, какимъ образомъ подѣйствуютъ силы, вновь присоединенныя къ прежнимъ силамъ, на каждое изъ двухъ тѣлъ, напримѣръ на P . Ясно, что на P будутъ дѣйствовать совокупно четыре силы: во первыхъ, притяженіе S , въ направленіи PS ; во вторыхъ, прибавочная сила въ томъ же направленіи, равная притя-

женію Р на S; въ третьихъ, притяженіе М, въ направленіи РМ; въ четвертыхъ, сила параллельная MS, и равная притяженію М на S. Первая изъ этихъ двухъ силъ, дѣйствующія вслѣдствіе одного и того же закона обратно пропорціонально квадрату разстоянія PS, можно считать за одну силу, какъ будто бы массы S и Р были соединены вмѣстѣ въ S; и вслѣдствіе ихъ совокупнаго вліянія Р описывало бы эллипсисъ вокругъ S, еслибъ его эллиптическое движеніе не было возмущаемо двумя остальными силами. Съ этой точки зрѣнія на предметъ, *относительная* возмущающая сила, дѣйствующая на Р, есть не одинокое притяженіе М, но сила, составленная изъ этого притяженія и изъ притяженія М на S, приложеннаго къ Р въ противоположномъ направленіи.

654. Пусть CPA будетъ часть орбиты возмущаемаго, а MB часть орбиты возмущающаго тѣла; плоскости этихъ орбитъ пересѣкаются по линіи узловъ SAB, и сферическій уголъ РА α представляетъ ихъ взаимное наклоненіе. На МР,



или на ея продолженіи, возьмемъ $MN : MS = MS^2 : MP^2$. Если допустимъ, что SM ⁽¹⁾ представляетъ величину и направ-

(1) Просимъ читателя обращать вниманіе на порядокъ буквъ, когда силы

леніе ускорительнаго вліянія M на S , то MS будетъ выражать величину и направленіе новой силы, приложенной къ P параллельно этой линіи, а NM будетъ представлять, въ томъ же размѣрѣ, ускорительное притяженіе M на P . Слѣдовательно, возмущающая сила, дѣйствующая на P , есть составная изъ двухъ силъ, приложенныхъ къ P и выраженныхъ соответственно линіями NM и MS ; по законамъ механики, эти двѣ силы соединяются въ одну, которая выражается *по величинѣ и направленію линіей NS , по прилагается къ точкѣ P .*

655. При помощи тригонометріи легко вычислить линію NS , если извѣстны относительныя положенія и истинныя разстоянія тѣлъ. Силу, выраженную этою линіей, можно прямо сравнивать съ притяженіемъ S на P , при помощи слѣдующихъ пропорцій, въ которыхъ M и S представляютъ массы тѣлъ, считаемыя извѣстными: при равныхъ разстояніяхъ, этимъ массамъ пропорціональны притяженія самыхъ тѣлъ.

Возмущающая сила : притяженію M на $S = NS : SM$.

Притяженіе M на S : притяженію S на $M = M : S$.

Притяженіе S на M : притяженію S на $P = SP^2 : SM^2$.

Перемноживъ эти пропорціи между собою, получаемъ:

Возмущающая сила : притяженію S на $P = M \cdot NS \cdot SP^2 : S \cdot SM^2$.

Прилагаемъ нѣсколько числовыхъ примѣровъ, показывающихъ результаты этого вычисленія въ частныхъ случаяхъ, выбранныхъ съ цѣлю показать его applicaцію къ разнообразнымъ обстоятельствамъ нашей планетной системы. Числа выражаютъ отношеніе, въ которомъ центральная сила, удерживающая возмущаемую планету на эллиптической орбитѣ, превышаетъ возмущающую силу. Вычисленія сдѣланы для трехъ положеній возмущающаго тѣла, а именно для его наибольшаго, наименьшаго и средняго разстоянія отъ тѣла возмущаемаго.

выражаются линіями. MS означаетъ силу, дѣйствующую отъ M къ S , а SM — силу, дѣйствующую отъ S къ M .

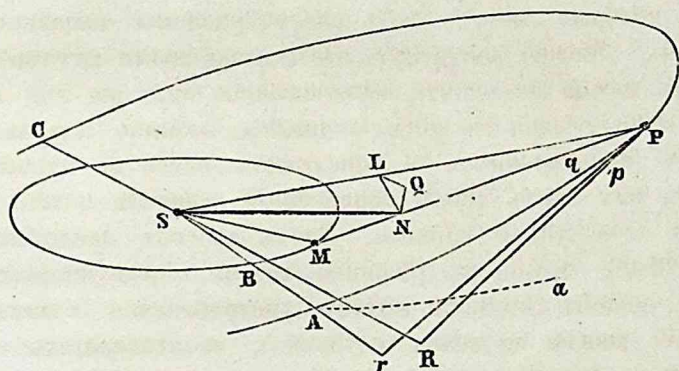
Возмущающее тѣло.	Возмущаемое тѣло.	Отношеніе въ наибольшемъ раз- стояніи къ 1.	Отношеніе въ среднемъ разстояніи къ 1.	Отношеніе въ наимень- шемъ раз- стояніи къ 1.
Солнце.	Луна.	90	179	89
Юпитеръ.	Сатурнъ.	354	312	128
Юпитеръ.	Земля.	95 683	147 575	53 268
Венера.	Земля.	255 208	210 245	26 833
Нептунъ.	Уранъ.	57 420	56 592	55 19
Меркурій.	Нептунъ.	845	845	845
Юпитеръ.	Церера.	6 433	6 937	1 033
Сатурнъ.	Юпитеръ.	20 248	21 579	3 065

656. Если возмущающее тѣло описываетъ круглую орбиту, то SM не измѣняется. Въ такомъ случаѣ NS по прежнему представляетъ возмущающую силу въ томъ же неизмѣнномъ масштабѣ, каково бы ни было расположеніе трехъ тѣлъ относительно другъ друга. Если орбита тѣла M слегка эллиптическая, то сказанное будетъ приближенно справедливо. Въ этой главѣ мы не станемъ обращать вниманіе на эксцентриситетъ орбиты возмущающаго тѣла, исключая случаи, въ которыхъ будетъ сказано противное.

657. Если P ближе къ M нежели S , то MN больше MP , и N лежитъ на продолженіи MP , и слѣдовательно съ другой стороны плоскости тѣла P относительно той, на которой находится M . Поэтому сила NS тянетъ P къ плоскости тѣла M , къ точкѣ X , лежащей между S и M , на линіи SM . Если разстояніе MP равно MS , какъ то бываетъ когда P приходитъ въ точку D или E , то MN также равно MP , или MS , такъ что N совпадаетъ съ P и, слѣдовательно, X совпадаетъ съ S : въ такихъ случаяхъ возмущающая сила направлена къ центральному тѣлу. Но если MP больше MS , то MN менѣе MP , и N падаетъ между M и P . т.-е. на ту же сторону плоскости орбиты P , на которой лежитъ M . Тогда сила NS , приложенная къ P , тянетъ P на противоположную сторону этой плоскости, къ точкѣ, лежащей на продолженіи MS , такъ что X падаетъ далѣе S .

Во всякомъ случаѣ возмущающая сила дѣйствуетъ вполнѣ въ той плоскости, въ которой находятся всѣ три тѣла.

Для начинающаго весьма важно ясно усвоить себѣ эти соотношенія возмущающаго дѣйствія, разсматриваемаго какъ *одна неразложенная сила*; представляя себѣ эти соотношенія живо въ своей памяти, онъ избѣгнетъ многихъ недоразумѣній въ пониманіи взаимнаго вліянія планетъ другъ на друга. Чертежъ § 654 относится къ случаю возмущенія ближайшаго тѣла болѣе отдаленнымъ тѣломъ, какъ напримѣръ къ возмущенію Земли Юпитеромъ, или Луны Солнцемъ; прилагаемый здѣсь чертежъ относится къ обратному случаю, напримѣръ къ возмущенію Марса Землею. Когда въ случаяхъ этого



последняго рода MP больше MS , или SP больше $2SM$, тогда N лежит на той же сторонѣ орбиты P , на которой находится M , такъ что возмущающая сила NS , противно тому, чего съ перваго взгляда, казалось бы, слѣдовало ожидать, постоянно тянетъ возмущаемую планету изъ плоскости ея орбиты въ сторону, противоположную той, на которой находится орбита возмущающей планеты. Чтобы получить ясное и опредѣленное понятіе о предметѣ, для начинающаго весьма будетъ полезно чертить, для разнообразныхъ величинъ орбитъ, возмущающей и возмущаемой (полагая, что обѣ лежатъ въ одной плоскости), форму овала, который N описы-

ваетъ около M , принимая послѣднюю за неподвижную точку, въ продолженіе полного обращенія P вокругъ S .

658. Вначалѣ, чтобы получить ясное понятіе о дѣйствіи возмущающей силы, необходимо разсматривать ее такимъ образомъ какъ силу одинокую, дѣйствующую въ опредѣленномъ направленіи съ опредѣленною напряженностію; но такъ какъ это направленіе непрерывно измѣняется вмѣстѣ съ положеніемъ NS , относительно радіусовъ SP и SM , разстоянія PM и направленія движенія P , то невозможно приобрѣсти этимъ путемъ ясный взглядъ на динамическое вліяніе возмущающей силы въ теченіе нѣскольکو продолжительнаго времени; а потому необходимо разложить ее на другія, равнозначительныя силы, дѣйствующія въ такихъ направленіяхъ, которыя могутъ быть разсматриваемы независимо и отдѣльно. Можно достигнуть этого различными путями. Во первыхъ можно разложить возмущающую силу на три другія силы, дѣйствующія въ опредѣленныхъ, взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ, и опредѣливъ особо ея вліяніе въ каждомъ изъ этихъ трехъ направленій, вывести потомъ полное или совокупное вліяніе. Этотъ способъ представляетъ надежнѣйшее орудіе къ рѣшенію задачи о возмущеніяхъ въ самомъ общемъ видѣ, и потому употребляется геометрами новѣйшей школы во всѣхъ глубокихъ изслѣдованіяхъ этого предмета. Другой способъ состоитъ въ разложеніи возмущающей силы также на три взаимно перпендикулярныя союзныя, но такія, которыхъ направленія не постоянны, а измѣняются; именно на силы, дѣйствующія въ направленіи линій NQ , QL и LS ; изъ нихъ LS лежитъ въ направленіи радіуса-вектора SP , QL —въ направленіи къ нему перпендикулярномъ и въ плоскости, проходящей чрезъ PS и чрезъ касательную къ орбитѣ тѣла P въ точкѣ P ; наконецъ NQ —въ направленіи, перпендикулярномъ къ плоскости, въ которой движется въ это мгновеніе P вокругъ S . Первую изъ этихъ раздѣльныхъ частей возмущающей силы можно назвать ея союзною по *радіусу*, вторую — *трансверсальною*, или

поперечною, а третью — *ортогональною* ⁽¹⁾. Если возмущаемая орбита имѣетъ малый эксцентрицитетъ, то поперечная составная дѣйствуетъ почти въ направленіи касательной къ орбитѣ тѣла Р въ точкѣ Р, и потому сливается съ тою союсною, которую мы опишемъ въ § 664, подъ названіемъ *касательной силы*. Этотъ способъ разложенія возмущающей силы былъ принятъ Ньютономъ и его ближайшими послѣдователями.

659. Непосредственныя вліянія такихъ союзныхъ возмущающей силы очевидно независимы другъ отъ друга, потому что ихъ направленія взаимно перпендикулярны. Онѣ дѣйствуютъ на движенія возмущаемаго тѣла совершенно различнымъ и отличительнымъ для каждой образомъ. Такъ, на примѣръ, союзная по радіусу, будучи всегда направлена къ центральному тѣлу, или отъ центральнаго тѣла, не можетъ ни измѣнить положенія плоскости орбиты Р, ни разрушить законъ равномернаго описыванія площадей тѣломъ Р вокругъ S, потому что законъ пропорціональности площадей съ временами не есть исключительный признакъ тяжести, но свойственъ всякимъ силамъ, удерживающимъ тѣла на орбитѣ, если только онѣ постоянно направлены къ неподвижному центру ⁽²⁾. Впрочемъ, эта сила, на сколько законъ ея измѣненія отличается отъ простаго закона тяжести, измѣняетъ эллиптическую форму орбиты Р, дѣйствуя непосредственно въ каждой точкѣ, какъ на кривизну, такъ и на скорость. Поэтому, отъ дѣйствія такой возмущающей силы орбита уклоняется отъ эллиптической формы, вслѣдствіе приближенія Р къ S, или удаленія Р отъ S, такъ что все вліяніе этой части возмущающей силы падаетъ вполне на радіусъ-векторъ возмущаемой орбиты.

660. Съ другой стороны, поперечная возмущающая сила, представляемая линіей QL, не оказываетъ прямого вліянія на

(1) Этотъ терминъ нарочно составленъ нами, потому что часто нуждалсь въ названіи для обозначенія этой союзной.

(2) Ньютонъ, *Principia*, I, 1.

удаление P отъ S . Все ея дѣйствіе устремлено на ускореніе или замедленіе движенія P , въ направленіи перпендикулярномъ къ SP . Но, при равенствѣ прочихъ обстоятельствъ, площадь, описываемая въ каждое мгновеніе тѣломъ P вокругъ S , прямо пропорціональна скорости P въ направленіи перпендикулярномъ къ SP ; поэтому всякая сила, увеличивающая эту поперечную скорость P , вмѣстѣ съ тѣмъ ускоряетъ описываніе площадей, *и наоборотъ*. По свойству эллипсиса, площадь ASP состоитъ въ прямой связи съ угломъ ASP , который P описываетъ, или должно описать относительно неподвижной линіи, лежащей въ плоскости орбиты, такъ что отъ всякой перемѣны въ скорости описыванія площадей необходимо измѣняется величина углового движенія вокругъ S , и обнаруживается отступленіе отъ законовъ эллиптическаго движенія. Отсюда возникаютъ, такъ называемыя въ теоріи возмущеній, уравненія (т.-е. колебанія относительно средней величины) средняго движенія возмущаемаго тѣла.

661. Есть еще иной способъ разложенія возмущающей силы на прямоугольныя союзныя, менѣе удобный для вычисленія результатовъ при опредѣленіи числовыхъ величинъ движенія возмущаемаго тѣла, но открывающій болѣе ясный взглядъ на свойство измѣненій въ формѣ, величинѣ и положеніи, претерпѣваемыхъ орбитою отъ вліянія этой силы, и которыми поэтому мы будемъ предпочтительно пользоваться. Онъ заключается въ опредѣленіи союзныхъ возмущающей силы, расположенныхъ въ плоскости орбиты не въ направленіи радіуса-вектора PS и линіи къ нему перпендикулярной, но въ направленіи касательной къ орбитѣ P , и перпендикулярной къ ней нормали кривой, почему и можно назвать ихъ *касательною* и *нормальною* составными возмущающей силы. Если орбита возмущающаго тѣла круглая, или почти круглая, то этотъ способъ разложенія совпадаетъ съ прежнимъ способомъ, или мало отъ него разнится; но если эксцентрицитетъ значителенъ, то эти направленія могутъ быть совершенно отличны отъ направленія прежнихъ союзныхъ, по ра-

діусу и поперечной. Подобно тому какъ въ Ньютоновомъ способѣ разложенія вліянія одной союзной устремлены на приближеніе тѣла P къ центральному тѣлу S , или удаленію отъ него; такъ и въ настоящемъ случаѣ, прямое вліяніе нормальной союзной падаетъ вполне на кривизну орбиты въ точкѣ ея дѣйствія, увеличивая кривизну, когда нормальная сила дѣйствуетъ вовнутрь, или направлена къ вогнутости орбиты, и уменьшая ее, когда эта сила дѣйствуетъ въ противоположномъ направленіи. Вмѣстѣ съ тѣмъ, касательная союзная дѣйствуетъ непосредственно на скорость возмущаемаго тѣла, увеличивая или уменьшая ее, сообразно тому, согласно ли ея направленіе съ направленіемъ движенія, или противоположно ему. Не трудно понять, что когда дѣло идетъ просто объ опредѣленіи перемѣнъ, производимыхъ возмущающею силой въ *углѣ* и въ *разстояніи* отъ центрального тѣла, тогда первый способъ заслуживаетъ предпочтеніе по ясности представленій и по удобоприложимости къ вычисленію. Последній способъ имѣетъ ту выгоду, что наглядно показываетъ мгновенное вліяніе возмущающей силы на элементы самой орбиты; это не такъ очевидно съ перваго взгляда, но вполне обнаружится въ послѣдствіи.

662. Ни одна изъ этихъ паръ составныхъ, происходящихъ отъ разложенія частей возмущающей силы, не стремится сдвинуть тѣло P съ плоскости его орбиты PSA . Но все вліяніе остальной или ортогональной части NQ прямо и единственно направлено къ этой цѣли. Вслѣдствіе чего, отъ дѣйствія этой силы, P выступаетъ изъ плоскости орбиты и описываетъ (такъ какъ сила не перестаетъ дѣйствовать) такъ-называемую *кривую двойной кривизны*, которой каждая двѣ послѣдовательныя части лежатъ въ разныхъ плоскостяхъ, проходящихъ чрезъ S . Отсюда истекаетъ непрерывное измѣненіе тѣхъ элементовъ орбиты, которыми *опредѣляется положеніе ея плоскости*, т.-е. ея наклоненія къ неподвижной плоскости, и положенія на этой плоскости линіи узловъ или ихъ взаимнаго пересѣченія. Такъ какъ между всѣми разнообразными вліяніями возмущеній, измѣне-

нія подобнаго рода принадлежать къ числу простѣйшихъ для пониманія и легчайшихъ для изслѣдованія ихъ отдаленныхъ послѣдствій, то мы начинаемъ съ ихъ объясненія.

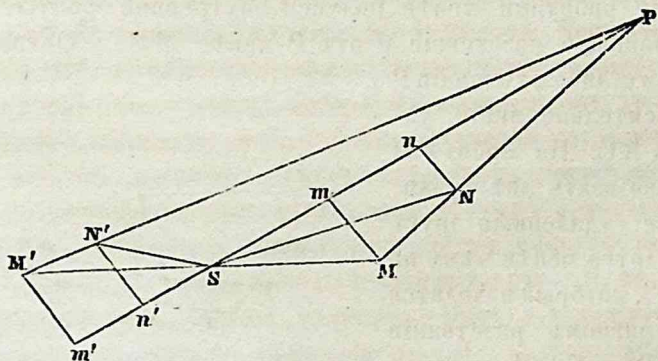
663. Положимъ, что до точки P (§§ 654, 657) тѣло описываетъ невозмущенную орбиту CP . Въ такомъ случаѣ оно будетъ двигаться въ P въ направленіи касательной PR къ эллипсу PA , которая пересѣкаетъ орбиту тѣла M гдѣ-нибудь на линіи узловъ въ точкѣ R . Допустимъ, что въ P на тѣло P дѣйствуетъ одно мгновеніе возмущающая сила, параллельная NQ ; тогда P уклонится въ направленіи этой силы, и вмѣсто дуги Pp , которую оно описало бы въ слѣдующее мгновеніе, еслибы не было возмущенія, оно опишетъ дугу Pq , лежащую выше плоскости PSA при томъ порядкѣ вещей, который описанъ въ § 654, и ниже этой плоскости — при томъ расположеніи, которое представлено въ § 657. Такимъ образомъ, отъ этого дѣйствія возмущающей силы плоскость орбиты тѣла P измѣнитъ свое положеніе въ пространствѣ, и вмѣсто элемента PSp старой орбиты опишетъ элементъ PSq новой орбиты. На первой изъ нихъ положеніе линіи узловъ SAB опредѣлится, если мы продолжимъ дугу Pp въ касательную PR до ея пересѣченія съ плоскостію MSB въ точкѣ R , и соединимъ ее съ S линіей SR . Равнымъ образомъ, если мы продолжимъ дугу Pq въ касательную Pr , встрѣчающую ту же плоскость въ точкѣ r , и проведемъ линію Sr , то послѣдняя будетъ новая линія узловъ. Итакъ мы видимъ, что при обстоятельствахъ, представленныхъ на первомъ чертежѣ, отъ мгновеннаго дѣйствія ортогональной возмущающей силы, линія узловъ *отстываетъ* на плоскости орбиты возмущающаго тѣла; а при обстоятельствахъ, изображенныхъ на второмъ чертежѣ, — *подвигается впередъ*. Ясно, что остальные союзнцы возмущающей силы не имѣютъ ни малѣйшаго вліянія на этотъ результатъ, ибо ни одна изъ нихъ не побуждаетъ тѣло P выйти изъ прежней плоскости движенія и не удерживаетъ его на этой плоскости. Все ихъ вліяніе ограничивается лишь тѣмъ, что точки пересѣченія касательныхъ Pp и Pq , пере-

большихъ круговъ (впередъ или назадъ, смотря по случаю) до встрѣчи съ СА: ясно, что узелъ отступаетъ назадъ на дугу Ar , или Cr , если Pq лежитъ между CPA и СА, то-есть если возмущающая сила приближаетъ Р къ неподвижной плоскости, и подвигается впередъ на дугу Ar' или Cr' , если Pq' проходитъ надъ CPA, т.-е. если возмущающая сила приподнимаетъ тѣло Р надъ прежнюю орбиту, или отдаляетъ его отъ неподвижной плоскости. *Все сказанное не зависитъ отъ того, приближается ли въ это время тѣло Р, въ своемъ движеніи по невозмущенной орбитѣ, къ неподвижной плоскости СА, или, напротивъ, удаляется отъ нея, какъ въ обоихъ случаяхъ, показанныхъ на чертежѣ.*

666. Разсмотримъ теперь взаимное возмущеніе двухъ тѣлъ М и Р въ ихъ различныхъ configuraціяхъ относительно другъ-друга и ихъ общаго центрального тѣла. Начнемъ съ простѣйшаго случая, когда возмущаемая орбита окружаетъ собой орбиту тѣла возмущающаго (какъ въ черт. § 657), и разстояніе между орбитами болѣе полуоси меньшей орбиты. Положимъ сперва, что обѣ планеты лежатъ на одной сторонѣ линіи узловъ. Тогда, какъ сказано въ § 663, направленіе возмущающей силы, а слѣдовательно и ея ортогональной союзной обращено въ сторону орбиты Р, противоположную той, на которой находится М. Поэтому тѣло Р подъ вліяніемъ послѣдней силы отдаляется отъ плоскости орбиты тѣла М, такъ что въ такомъ порядкѣ вещей узелъ на послѣдней плоскости подвигается впередъ, каково бы ни было положеніе М и Р на этихъ полуокружностяхъ орбитъ. Далѣе, предположимъ, что тѣло М переходитъ на противоположную сторону линіи узловъ: тогда оно станетъ оказывать обратное вліяніе на Р, относительно плоскости его орбиты, и тѣло Р, выступая изъ этой плоскости, будетъ приближаться къ плоскости орбиты М, отчего линія узловъ начнетъ отступать на послѣдней плоскости.

667. При движеніи М и Р вокругъ S, оба тѣла, въ теченіе многихъ обращеній, приходятъ во всевозможныя configuraціи какъ относительно другъ-друга, такъ и отно-

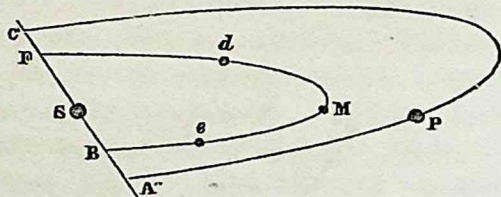
сительно S ; при чемъ узелъ орбиты P всегда подвигается впередъ на орбитѣ M , когда оба тѣла лежатъ на одной сторонѣ линіи узловъ, и отступаетъ назадъ, когда они находятся на противоположныхъ сторонахъ этой линіи. Вообще, если орбиты почти круглыя, то узелъ подвигается впередъ и отступаетъ назадъ въ продолженіе равнаго времени. И потому, еслибы въ каждое мгновеніе движенія впередъ скорость узловъ равнялась скорости отступленія въ каждое соотвѣтствующее мгновеніе обратнаго движенія, то узлы только колебались бы около средняго положенія, не двигаясь постоянно ни въ томъ, ни въ другомъ направленіи. Не такъ бываетъ въ дѣйствительности. Скорость отступленія узловъ, въ каждомъ положеніи, благопріятствующемъ обратному движенію, бываетъ болѣе скорости ихъ движенія впередъ въ соотвѣтствующемъ противномъ положеніи. Чтобъ обнаружить это, рассмотримъ двѣ конфигураціи, въ которыхъ фазы M діаметрально противоположны, такъ что треугольники PSM и PSM' лежатъ въ одной плоскости, наклоненной подъ пзвѣстнымъ угломъ къ орбитѣ P , смотря по положенію этого тѣла. Продолжимъ PS и проведемъ перпен-



дикулярныя къ ней линіи Mt , $M'm'$, которыя будутъ между собою равны. Опредѣлимъ линіи MN и $M'N'$ изъ пропорцій $MN : MS = MS^2 : MP^2$, и $M'N' : M'S = M'S^2 : M'P^2$; тогда,

если орбиты почти круглыя, и слѣдовательно $MS = M'S$, $N'M'$ будетъ менѣе MN ; слѣдовательно (такъ какъ PM' болѣе PM) отношеніе $PN' : PM'$ будетъ болѣе отношенія $PN : PM$, и слѣдовательно, если мы проведемъ линіи Nn , $N'n'$, перпендикулярныя къ PS , то въ подобныхъ треугольникахъ отношеніе $N'n' : M'm'$ будетъ болѣе отношенія $Nn : Mn$, а потому $N'n'$ будетъ болѣе Nn . Плоскость PMM' пересѣкаетъ орбиту тѣла P по линіи PS , и на всемъ своемъ протяженіи наклонена къ этой орбитѣ одинаково; а потому, если мы опустимъ на нее перпендикуляры изъ точекъ N и N' , то они будутъ относиться между собою какъ Nn и $N'n'$, и слѣдовательно перпендикуляръ, опущенный изъ N' , будетъ длиннѣе перпендикуляра, опущеннаго изъ N . Такъ какъ $N'S$ и NS представляютъ величину и направленіе полной возмущающей силы (§ 654), съ которою M' и M соотвѣтственно дѣйствуютъ на P , то эти перпендикуляры (§ 658) выражаютъ ортогональныя возмущающія силы, изъ которыхъ первая, какъ показано выше, побуждаетъ узлы отступать назадъ, а послѣдняя—подвигаться впередъ; и слѣдовательно въ каждой подобной парѣ положеній M перевѣсъ благопріятствуетъ обратному движенію.

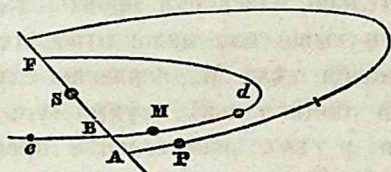
668. Разсмотримъ теперь случай, когда разстояніе между орбитами менѣе полуоси внутренней орбиты, или когда наименьшее разстояніе M отъ P менѣе MS . Остановимся на какомъ-либо положеніи P относительно линіи узловъ AC . На орбитѣ M можно взять двѣ точки, d и e , удаленныя другъ отъ друга менѣе чѣмъ на 120° , которыя находятся въ равномъ разстояніи отъ P и S . Положимъ, что M занимаетъ послѣ-



довательно всевозможныя положенія на своей орбитѣ, между тѣмъ какъ P не перемѣняетъ своего мѣста. Тогда, изъ сказаннаго въ § 667, мы ясно увидимъ, что, исключая дугу de , въ про-

пространствѣ которой объясненныя въ этомъ § соотношенія осуществляются въ превратномъ смыслѣ, тѣло M , на всемъ протяженіи своей полуорбиты FMB , сообщаетъ узлу прямое движеніе, а на другой половинѣ орбиты—обратное, но что вообще обратное движеніе превозмогаетъ прямое. Перевѣсь на сторонѣ перваго будетъ тѣмъ значительнѣе, что въ промежуткѣ дуги dMe вліяніе тѣла M возбуждаетъ не прямое, а обратное движеніе.

669. Въ нашемъ предположеніи вся дуга de лежитъ въ полуокружности FdB . Допустимъ теперь, что она помѣщается въ обѣихъ половинахъ орбиты, какъ на прилагаемомъ чертежѣ. Бѣлая часть дуги должна необходимо находиться въ половинѣ FdB , притомъ въ этой же части орбиты лежитъ точка, въ которой M бываетъ въ наименьшемъ разстояніи отъ P , и гдѣ по тому самому спл, побуждающая къ отступленію, оказываетъ наибольшее дѣйствіе. Итакъ, хотя въ пространствѣ дуги Be обратное направленіе движенія узла, общее всей этой полуокружности (§ 667), мѣняется на прямое, но это вліяніе съ избыткомъ вознаграждается болѣе сильнымъ и продолжительнымъ побужденіемъ къ отступленію на всемъ протяженіи дуги dB . Слѣдовательно и въ такомъ случаѣ, въ совокупности всѣхъ возможныхъ положеній M , движеніе узла вообще будетъ обратное.



670. Разсмотримъ наконецъ возмущенія внутренней планеты наружною планетой. Назначимъ точки D и E (черт. § 654) такъ, чтобы разстоянія MD и ME равнялись MS . Когда P находится между D и узломъ A , и бываетъ къ M ближе нежели S , тогда возмущающая сила направлена къ орбитѣ тѣла M , въ ту сторону, на которой находится M , и узелъ отступаетъ. Онъ отступаетъ также, если M остается въ прежнемъ положеніи, а P находится гдѣ-нибудь на дугѣ

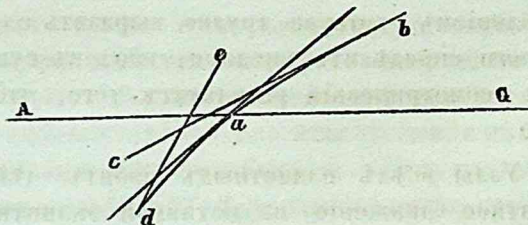
ЕС, между Е и другимъ узломъ С; ибо хотя въ такомъ положеніи направленіе возмущающей силы и извращается, но эта часть орбиты Р сама расположена обратно относительно орбиты М, и потому тѣло, какъ и прежде, притягивается къ этой плоскости, но на сторонѣ, противоположной М. Такимъ образомъ, если М пребываетъ въ томъ же положеніи, то узелъ отступаетъ, гдѣ бы ни находилось тѣло Р на протяженіи дугъ DA или ЕС. Съ другой стороны, узелъ подвигается впередъ, когда Р находится гдѣ-нибудь между А и Е, или между С и D, ибо въ пространствѣ дугъ AE и CD извращается только одинъ изъ двухъ вліятельныхъ элементовъ (направленіе возмущающей силы относительно плоскости орбиты Р, и расположеніе одной плоскости выше или ниже относительно другой). При всякомъ положеніи тѣла М, исключая случай, когда оно находится на самой линіи узловъ, сумма дугъ DA и ЕС болѣе полуокружности, и тѣмъ значительное превышаетъ ее чѣмъ ближе положеніе М къ перпендикулярному относительно линіи узловъ. Притомъ дуги, благопріятствующія отступленію узла, заключаютъ въ себѣ тѣ положенія, въ которыхъ ортогональная возмущающая сила бываетъ наиболѣе могущественна, и наоборотъ. Это очевидно изъ того, что, съ приближеніемъ тѣла Р къ D или Е, ортогональная союзная уменьшается и уничтожается въ этихъ точкахъ (§ 655). Движеніе узла также уничтожается, когда тѣло Р приходитъ въ узелъ; ибо хотя въ такомъ положеніи ортогональная возмущающая сила не уничтожается и не мѣняетъ своего направленія, но во время прохожденія Р чрезъ узелъ А отступленіе узла мѣняется на движеніе впередъ, и потому онъ необходимо становится въ этой точкѣ неподвижнымъ ⁽¹⁾. Итакъ, вслѣдствіе обѣихъ причинъ (узелъ долѣе отступаетъ чѣмъ движется впередъ, и самое отступленіе, отъ вліянія болѣе могучей силы, совершается быстрѣе), обратное движеніе узла,

(1) Съ перваго взгляда повидному перемѣна совершается здѣсь какъ бы скачкомъ, но прерывность движенія узла обнаруживается при взглядѣ на при-

въ совокупности каждого. полного синодическаго обращенія P , превосходитъ прямое. Очевидно, что наши рассужденія въ этомъ и въ предшествовавшихъ параграфахъ не теряютъ своей силы, если каждая изъ орбитъ имѣетъ небольшой эксцентриситетъ.

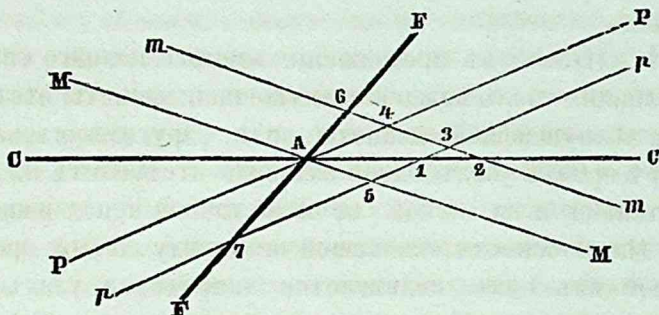
671. Итакъ, въ продолженіе каждого полного синодическаго обращенія узелъ каждой возмущенной планеты отстаетъ на орбитѣ возмущающей планеты, или, другими словами, во всякой парѣ орбитъ узелъ одной изъ нихъ отстаетъ на другой, а слѣдовательно и на всякой промежуточной неподвижной плоскости. На плоскости, лежащей не между двумя орбитами, узелъ одной изъ нихъ подвигается впередъ, а узелъ другой отстаетъ назадъ. Положимъ, на примѣръ, что SAC есть промежуточная плоскость между двумя орбитами PP и MM . Если pp и mt будутъ новыя положенія орбитъ, то узелъ P на M переходитъ изъ A въ 5, узелъ M на P изъ A въ 4, узлы P и M на CC соответственно изъ A въ 1 и изъ A въ 2. На плоскости FAF , расположенной не въ промежуткѣ орбитъ M и P , узелъ M переходитъ изъ A въ 6, между тѣмъ какъ узелъ P *подвигается впередъ* изъ A въ 7. Если неподвижная плоскость не имѣетъ общаго пересѣченія съ пересѣченіемъ обѣихъ орбитъ, то также не трудно убѣдиться, что

лагаемый чертежъ, въ которомъ bad представляетъ часть возмущаемой орбиты тѣла P , близъ узла A , вогнутой къ плоскости GA . Мгновенное положеніе движущагося узла определяется пересѣченіемъ касательной bc съ AG ,



которое, по мѣрѣ того какъ b переходитъ черезъ a въ d , отстаетъ отъ A къ a , останавливается здѣсь на одно мгновеніе, и потомъ снова подвигается впередъ.

узелъ возмущаемой орбиты можетъ или отступать, какъ на этой плоскости, такъ и на плоскости возмущающей орбиты,



или подвигаться впередъ на одной изъ нихъ и отступать на другой, смотря по относительному положенію этихъ плоскостей.

672. Таковъ случай планетныхъ орбитъ: онѣ не пересѣкаются взаимно въ общемъ узлѣ. Поэтому хотя вообще и справедливо, что узелъ каждой планеты отступаетъ на орбитѣ каждой другой планеты въ силу отдѣльнаго вліянія послѣдней, но при совокупномъ дѣйствіи всѣхъ планетъ вмѣстѣ отступленіе на одной плоскости можетъ равняться движенію впередъ на другой плоскости, такъ что движеніе узла какой-либо орбиты на данной плоскости, происходящее отъ совокупнаго дѣйствія, если принять въ соображеніе различныя положенія всѣхъ плоскостей, становится любопытно-сложнымъ явленіемъ, которое трудно выразить словами, хотя и можно строго опредѣлить числами, ибо, въ сущности, оно есть прямой геометрическій результатъ того, что было объяснено выше.

673. Узлы всѣхъ планетныхъ орбитъ дѣйствительно имѣютъ обратное движеніе на истинной эклиптикѣ, но не таково ихъ движеніе на воображаемой въ планетной системѣ неподвижной плоскости, не подлежащей вліянію ихъ взаимныхъ возмущеній. По мѣсту, которое мы занимаемъ въ

системѣ, мы принуждены относить къ эклиптикѣ движенія орбитъ; иначе, еслибы мы желали разсматривать ихъ относительно неподвижной плоскости, необходимо было бы принять въ соображеніе измѣненія самой эклиптики, происходящія отъ совокупнаго вліянія всѣхъ планетъ.

674. Массы планетъ такъ малы, а ихъ взаимныя разстоянія другъ отъ друга такъ велики, что обращенія ихъ узловъ чрезмѣрно медленны; во всѣхъ случаяхъ, они подвигаются менѣе чѣмъ на одинъ градусъ въ столѣтіе, а обыкновенно не проходятъ и половины этой величины. Иначе бываетъ съ Луною, вслѣдствіе двухъ различныхъ причинъ. Во-первыхъ, самая возмущающая сила, происходящая отъ дѣйствія Солнца, составляетъ, какъ то видно изъ таблицы § 655, гораздо большую часть центральнаго притяженія Земли на Луну, нежели въ случаѣ какой-либо планеты, возмущаемой другою планетою. Во-вторыхъ, синодическое обращеніе Луны, въ теченіе котораго слагается совокупная величина движенія (всегда въ пользу отступленія), равняется только $29\frac{1}{2}$ днямъ; а такой періодъ гораздо короче періода какой-либо планеты. Все это вполне согласно съ тѣмъ, что было сказано (§§ 438, 440) о движеніи лунныхъ узловъ, и едва ли нужно присовокупить, что вычисленіе аргіогі, основанное на точномъ опредѣленіи величины всѣхъ дѣйствующихъ силъ, даетъ результатъ вполне согласный съ показаніями непосредственныхъ наблюденій, такъ что не остается ни малѣйшаго сомнѣнія въ достовѣрности того процесса, отъ котораго происходитъ столь замѣчательное дѣйствіе.

675. Ясно, что положеніе узловъ имѣетъ маловажное значеніе въ томъ, что касается физическихъ условій каждой планеты: взаимное наклоненіе орбитъ другъ къ другу и къ экватору каждой планеты оказываетъ въ этомъ отношеніи гораздо большее вліяніе. Такъ напримѣръ, перемѣна въ положеніи эклиптики, отъ которой измѣнилось бы разстояніе ея полюса отъ полюса экватора, нарушила бы наши времена года. Еслибы плоскость земной эклиптики совпала когда-нибудь съ экваторомъ, то на всей Землѣ водворилась

бы вѣчная весна; а еслибъ эта орбита приняла направленіе меридіана, то мы подверглись бы невыносимо крутымъ переходамъ отъ знойнаго лѣта къ морозной зимѣ. Поэтому изслѣдованіе измѣненій наклоненія планетныхъ орбитъ между собою гораздо важнѣе въ практическомъ отношеніи, нежели изслѣдованіе измѣненій въ положеніи узловъ.

676. Обратившись къ фигурамъ §§ 654 и слѣд., видимъ, что плоскость SPq , въ которой движется возмущаемое тѣло въ первое мгновеніе по выходѣ изъ P , имѣетъ иное наклоненіе къ орбитѣ тѣла M , или къ какой-либо другой неподвижной плоскости, нежели первоначальная, невозмущенная орбита PSp . Разность между положеніями въ пространствѣ плоскостей этихъ двухъ орбитъ, первоначальной и возмущенной, есть уголъ, составляемый между собою плоскостями PSR и PSr , который можно опредѣлить помощію сферической тригонометріи, когда извѣстны уголъ RSr , или мгновенное отступленіе линіи узловъ, и взаимное наклоненіе орбитъ другъ къ другу. Итакъ мы видимъ, что мгновенное измѣненіе наклоненія и мгновенное отступленіе линіи узловъ состоятъ между собою въ близкомъ соотношеніи, и что изслѣдованіе перваго тѣсно связано съ изслѣдованіемъ послѣдняго. Это сдѣлается можетъ быть удобопонятнѣе, если мы станемъ разсматривать орбиту тѣла P не какъ воображаемую линію, но какъ настоящій круглый или эллиптическій обручъ, изъ твердаго вещества, безъ косности, и представимъ себѣ, что P скользитъ по этому обручу, какъ зерно ожерелья по нити. Очевидно, что въ каждое мгновеніе положеніе этого обруча опредѣляется его наклоненіемъ къ какой-либо извѣстной плоскости и мѣстомъ его пересѣченія съ нею или узла. Оно будетъ также опредѣлено мгновеннымъ направленіемъ движенія P , которому обручъ, не имѣя косности, долженъ повиноваться; каждая перемѣна, отъ которой въ слѣдующее за тѣмъ мгновеніе измѣняется орбита тѣла P , равнозначительна съ перемѣщеніемъ всего тѣла обруча, мѣняющаго свое наклоненіе и свои узлы.

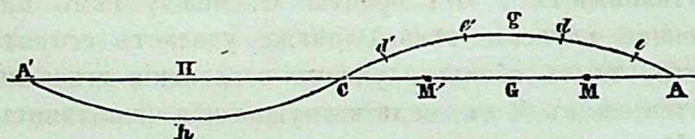
677. Изъ сказаннаго непосредственно слѣдуетъ, что

когда орбиты, какъ въ системѣ планетъ и у Луны относительно эклиптики, мало наклонены другъ къ другу, тогда мгновенныя измѣненія наклоненія принадлежатъ къ величинамъ гораздо меньшаго порядка, нежели измѣненія въ положеніи узла. Это ясно видно изъ нашего чертежа, ибо уголъ $RP\tau$, по причинѣ малаго наклоненія плоскостей SPR и $RS\tau$, необходимо долженъ быть гораздо менѣе угла $RS\tau$. По мѣрѣ того какъ орбиты приближаются къ совпаденію, самое ничтожное угловое движеніе Pp около PS , какъ оси, производитъ большую перемѣну въ положеніи точки τ , въ которой ея продолженіе встрѣчаетъ основную плоскость.

678. Обращаясь къ чертежу § 665, усматриваемъ, что хотя движеніе узловъ и бываетъ отступательное, какъ въ томъ случаѣ, когда мгновенная возмущенная дуга Pq лежитъ между плоскостями обѣихъ орбитъ CA и CGA , такъ и въ обратномъ случаѣ, и притомъ независимо отъ того, удаляется ли P отъ плоскости CA , какъ въ квадрантѣ CG , или приближается къ ней, какъ въ квадрантѣ GA ; тѣмъ не менѣе измѣненія въ наклоненіи не представляютъ подобной тождественности въ своемъ характерѣ. Наклоненіе возмущенной орбиты, т.-е. ея мгновеннаго элемента Pq или Pq' , измѣняется сферическимъ угломъ PrN или $Pr'N$. Въ квадрантѣ CG , PrN менѣе, а $Pr'N$ болѣе PCN ; въ квадрантѣ GA — наоборотъ. Отсюда выводимъ слѣдующее правило: во 1-хъ, если возмущающая сила тянетъ P къ плоскости орбиты M , а невозмущенное движеніе тѣла P также приближаетъ его къ этой плоскости, и во 2-хъ, если возмущающая сила отталкиваетъ P отъ орбиты M , между тѣмъ какъ невозмущенное движеніе тѣла P также удаляетъ его отъ этой плоскости, то въ обоихъ случаяхъ наклоненіе мгновенно увеличивается; и въ 3-хъ, если возмущающая сила тянетъ P къ орбитѣ M , а самое движеніе тѣла P удаляетъ его отъ этой плоскости, или если возмущающая сила отталкиваетъ P отъ орбиты M , а движеніе приближаетъ его къ этой плоскости, то наклоненіе мгновенно уменьшается. Совокупивъ всѣ случаи вмѣстѣ, это правило можно выразить такъ: если возмущаю-

шая сила и невозмущенное движеніе тѣла Р дѣйствуютъ въ одинаковомъ смыслѣ относительно плоскости орбиты М, то наклоненіе увеличивается, а въ противномъ случаѣ—уменьшается.

679. Какимъ образомъ отъ мгновенныхъ измѣненій дѣйствительныхъ соотношеній можно перейти къ накопленному вліянію, происшедшему въ значительный промежутокъ времени, отъ непрерывнаго дѣйствія тѣхъ же причинъ, при обстоятельствахъ, измѣняющихся вслѣдствіе этихъ самыхъ вліяній,—этому учить интегральное исчисленіе. Впрочемъ, не вдаваясь въ какія-либо вычисленія, на основаніи вышеннеложенныхъ началъ легко доказать главныя черты этой части теоріи планетъ, а именно, періодическое свойство взаимныхъ наклоненій двухъ орбитъ другъ къ другу, возстановленіе ихъ первоначальныхъ величинъ и возникающія отъ того колебанія каждой плоскости около опредѣленнаго средняго положенія. Начнемъ, также какъ и при объясненіи движенія узловъ, съ простѣйшаго случая, съ возмущенія внѣшней планеты внутренней планетой, удаленною отъ нея менѣе чѣмъ на половину ея разстоянія отъ центральнаго тѣла. Пусть АСА' будетъ вытянутый въ прямую линію большой небесный кругъ, въ который пролагается изъ S орбита М, и АgChA' соответствующее проложеніе орбиты Р. Положимъ, что М занимаетъ какое-либо неизмѣнное положеніе, напримѣръ на полуокружности АС, а Р описываетъ полное обращеніе изъ А чрезъ g Ch до А'. Въ такомъ случаѣ, отъ А до g, т.-е. въ



первой четверти, тѣло Р удаляется отъ орбиты М, и вмѣстѣ съ тѣмъ ортогональная сила направлена отъ этой плоскости: поэтому, § 678, наклоненіе увеличивается. Во второй чет-

верти, P приближается къ орбитѣ A , а сила продолжаетъ отталкивать P отъ этой плоскости, и слѣдовательно наклоненіе уменьшается. Подобная перемѣна имѣетъ мѣсто и во время движенія планеты въ четвертяхъ Ch и hA' . Такимъ образомъ плоскость орбиты, въ каждое обращеніе P , колеблется дважды въ ту и въ другую сторону относительно своего средняго положенія. Еслибы въ продолженіе этого процесса M оставалось неподвижно въ положеніи G , то съ каждой стороны силы были бы симметрично одинаковы, и размахи колебаній были бы совершенно равны, такъ что, по окончаніи одного обращенія P , наклоненіе получило бы въ точности свою первоначальную величину. Это не возможно при всякомъ другомъ положеніи M ; тогда въ продолженіе одного обращенія P вознагражденіе оказывается неполнымъ, и остается избытокъ, положимъ на сторонѣ уменьшенія. Но когда M переходитъ на другую сторону G , въ равноудаленную точку M' , тогда обнаруживается прямо противоположное вліяніе, если допустимъ, что орбита круглая. Итакъ совокупное дѣйствіе обоихъ положеній будетъ таково, какъ еслибы тѣло M было раздѣлено на двѣ равныя части, и одна изъ нихъ была помѣщена въ M , а другая въ M' , отчего уничтожился бы помянутый избытокъ и вполнѣ возстановилась бы прежняя величина наклоненія. Разсматривая такимъ образомъ всевозможныя положенія M , приходимъ къ заключенію, что совокупное дѣйствіе будетъ равносильно съ дѣйствіемъ массы M , размѣщенной равномерно по всей орбитѣ, въ видѣ кольца, такъ что вліяніе каждой части совершенно уничтожается вліяніемъ соотвѣтствующей части на противоположной сторонѣ линіи узловъ.

680. То же разсужденіе прилагается и къ болѣе-сложнымъ случаямъ §§ 668 и 670. Допустимъ, что по причинѣ близости обѣихъ орбитъ (въ случаѣ наружной возмущаемой планеты), или вслѣдствіе того, что орбита возмущаемой планеты лежитъ внутри возмущающей, на орбитѣ тѣла P есть болѣе или менѣе значительная часть de , на протяженіи которой эти отношенія извращаются. Пусть M будетъ положеніе M' , со-

отвѣтствующее de ; возьмемъ $GM' = GM$: тогда часть орбиты $d'e'$ будетъ находиться въ такомъ же извращенномъ соотношеніи съ M' , и потому дѣйствія въ промежуткѣ $M'M$ будутъ точно такъ же уравновѣшивать другъ-друга, какъ и въ прежнемъ порядкѣ вещей.

681. Для полного и строгаго вознагражденія необходимо, чтобы M перебивало во всевозможныхъ конфигураціяхъ не только относительно P , но и относительно линіи узловъ, съ положеніями которой связаны всѣ наши умозаключенія. Такъ напримѣръ, въ случаѣ Луны, возмущаемое тѣло (Луна) обращается въ $27^A, 322$, возмущающее тѣло (Солнце) въ $365^A, 256$, линія узловъ въ $6793^A, 391$; эти числа относятся между собою соотвѣтственно какъ 1 къ 13 и къ 249. Еслибы въ продолженіе 13 обращеній P и одного обращенія M узелъ оставался неподвижнымъ, то P перебивало бы относительно M почти во всѣхъ конфигураціяхъ, и вознагражденіе оказалось бы почти совершенно точнымъ. Но въ одно обращеніе M , или въ 13 обращеній P , самый узелъ проходитъ $13/249$, или около $1/19$ своего обращенія, въ направленіи, противоположномъ движеніямъ P и M ; такъ что когда P возвращается въ ту же конфигурацію относительно M , оба тѣла оказываются на $1/19$ полного обращенія впереди противъ своей первоначальной конфигураціи относительно узла. Поэтому вознагражденіе будетъ не совершенно полное, и, чтобы оно оказалось вполне точнымъ, весь процессъ долженъ повториться 19 разъ, по окончаніи чего оба тѣла возвратятся въ то же положеніе, какъ относительно другъ-друга, такъ и относительно узловъ. Отъ вліянія опущенныхъ въ этомъ объясненіи дробныхъ частей цѣлыхъ обращеній, очевидно, происходитъ лишь то, что въ продолженіе обращенія узла вознагражденіе бываетъ не вполне точное, и возникаетъ другой, болѣе длинный періодъ, по окончаніи котораго вознагражденіе оказывается почти математически-точнымъ.

682. Поэтому ясно, что если орбиты круглыя, то, по окончаніи меньшаго числа обращеній обоихъ тѣлъ, наклоненія близко возвращаются къ своимъ первоначальнымъ величинамъ,

и что послѣ полного обращенія узла прежнія величины ихъ возстановляются почти съ совершенною точностію. Не менѣе ясно, что когда орбиты имѣютъ эксцентрицитеты, тогда, по недостатку симметріи въ распредѣленіи силъ, совершенное вознагражденіе не можетъ воспослѣдовать ни въ одно, ни въ нѣсколько обращеній тѣлъ Р и М, независимо отъ движенія самаго узла; ибо какая-либо конфигурація всегда будетъ болѣе благопріятна, напримѣръ, увеличиванію наклоенія, нежели противоположная ей конфигурація будетъ тому же неблагопріятна. Отсюда возникаетъ такое измѣненіе наклоенія, которое, еслибъ узлы и апсиды оставались неподвижны, накоплялось бы прогрессивно въ одномъ направленіи до тѣхъ поръ, пока плоскости не пришли бы въ совпаденіе. Но во 1-хъ, полуоборотъ узла пзвращаетъ направленіе прогрессивнаго измѣненія, потому что такое положеніе узла благопріятствуетъ измѣненію наклоенія въ противномъ смыслѣ; и во 2-хъ, планетные апсиды также движутся съ неравномѣрною скоростію, отчего конфигурація, нарушающая своимъ вліяніемъ равновѣсіе, сама непрерывно перемѣняетъ свое мѣсто на орбитахъ. Поэтому измѣненія въ наклоеніи, зависящія отъ эксцентрицитетовъ, наравнѣ съ измѣненіями, отъ нихъ независящими, имѣютъ характеръ періодическій, и какъ притомъ первыя меньшаго порядка нежели послѣднія (по причинѣ малой величины эксцентрицитетовъ), то ясно, что полное измѣненіе планетныхъ наклоеній должно колебаться между весьма-тѣсными предѣлами. На основаніи подробнаго изслѣдованія всѣхъ обстоятельствъ и точной оцѣнки дѣйствующихъ силъ, геометры доказали, что дѣйствительно такъ бываетъ въ природѣ, и въ этомъ заключается устойчивость планетной системы касательно взаимныхъ наклоеній планетныхъ орбитъ. Изысканія Лагранжа, о математическомъ анализѣ которыхъ невозможно дать здѣсь понятія, привели къ доказательству слѣдующей изящной теоремы:

«Если мы умножимъ массу каждой планеты на квадратный корень большой оси орбиты и на квадратъ тангенса наклоенія орбиты къ какой-либо неподвиж-

ной плоскости, то, подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія планетъ, сумма всѣхъ подобныхъ произведеній сохраняетъ всегда одинаковую величину.»

Принявъ эклиптику, въ ея настоящемъ положеніи, за неподвижную плоскость (ибо сама эклиптика перемѣщается подобно прочимъ орбитамъ), находимъ, что эта сумма весьма мала; слѣдовательно она всегда пребываетъ такова. Эта замѣчательная теорема сама по себѣ уже убѣждаетъ насъ въ прочности орбитъ большихъ планетъ; но изъ сказаннаго выше о стремленіи каждой планеты компенсировать, или уравнивать свое вліяніе на всѣ прочія, явствуется, что и малыя планеты не лишены выгодъ этого благотворнаго устройства.

683. Несомнѣнно, что плоскость эклиптики дѣйствительно измѣняется отъ вліянія планетъ. Величина этого измѣненія простирается до $48''$ въ столѣтіе и давно замѣчена астрономами изъ увеличиванія широтъ всѣхъ звѣздъ въ опредѣленной части неба, и ихъ уменьшенія въ противоположной части. Отъ вліянія такого измѣненія, эклиптика ежегодно нѣсколько приближается къ совпаденію съ экваторомъ; но изъ предшествовавшихъ объясненій слѣдуетъ, что подобное уменьшеніе наклоненія эклиптики къ экватору не можетъ переступить весьма-умѣренныхъ предѣловъ; послѣ чего, по истеченіи необъятно-длиннаго ряда вѣковъ, составляющихъ сложный циклъ, условливаемый совокупнымъ вліяніемъ всѣхъ планетъ, наклоненіе снова станетъ увеличиваться; такимъ образомъ она колеблется взадъ и впередъ, уклоняясь съ одной стороны въ другую не болѣе чѣмъ на $1^{\circ}21'$.

684. Одно изъ вліяній этихъ измѣненій плоскости эклиптики, а именно перемѣщеніе ея узловъ на неподвижной плоскости, смѣшивается съ предвареніемъ равноденствія, и можетъ быть отличено отъ него только при помощи теоріи. Послѣднее явленіе происходитъ отъ другой причины, хотя и сходной, съ общей точки зрѣнія, съ разсматриваемыми здѣсь причинами, но замѣчательно измѣненной особенными обстоятельствами, при которыхъ она возникаетъ.

685. Предвареніе равнодеіствій, какъ было сказано въ § 333, есть непрерывное отступленіе узла экватора на эклиптикѣ; и потому, очевидно, есть явленіе сходное съ общимъ явленіемъ отступленія узловъ одной орбиты на другой. Необъятныя разстоянія планетъ въ сравненіи съ величиной Земли и ничтожность ихъ массъ въ сравненіи съ массой Солнца не позволяютъ намъ искать въ нихъ причины къ объясненію этого явленія; мы вынуждены обратиться для этой цѣли къ массивному, хотя и отдаленному Солнцу, и къ нашей близкой, хотя и малой сосѣдкѣ Лунѣ. Мы найдемъ эту причину въ ихъ возмущающемъ вліяніи на накопленный подъ экваторомъ избытокъ вещества, дѣлающій форму Земли сфероидальною, и во вращеніи Земли вокругъ ея осл. Открытіемъ удивительнаго вліянія этого рода мы обязаны проникательности Ньютона.

686. Положимъ, что на чертежѣ § 654 мѣсто тѣла Р, обращающагося вокругъ Солнца, заступаетъ непрерывный рядъ частицъ, образующихъ родъ жидкаго кольца, способнаго измѣнять свою форму отъ вліянія всякой дѣйствующей на него силы. Въ такомъ предположеніи при вращеніи кольца въ его собственной плоскости вокругъ S, подъ возмущающимъ вліяніемъ отдаленнаго тѣла М (представляющаго теперь Луну или Солнце, подобно тому какъ Р изображаетъ одну изъ частицъ земнаго экватора), произойдутъ два слѣдствія: во 1-хъ кольцо не останется въ одной плоскости и приметъ волнистую форму; части, лежащія на протяженіи дугъ DA и EC, получатъ большее наклоненіе къ плоскости орбиты М, а части, содержащіяся въ дугахъ AE и CD, — меньшее наклоненіе, нежели въ случаѣ, когда бы не было возмущенія; во 2-хъ узлы кольца, — если разсматривать его какъ цѣлое, не обращая вниманія на измѣненія формы, — станутъ отступать въ этой плоскости.

687. Допустимъ теперь, что кольцо составлено не изъ отдѣльныхъ частицъ, способныхъ двигаться независимо другъ отъ друга, но что оно твердое и негибкое, подобное тому *обручу*, о которомъ мы говорили въ § 676, и отличающееся

лишь тѣмъ, что оно не лишено косности. Ясно, что въ такомъ случаѣ усиліе частей, стремящихся пріобрѣсть большее направленіе, станетъ дѣйствовать чрезъ посредство самаго кольца (подобно машинѣ или рычагу), и будетъ противоборствовать усилю другихъ частей, которыя, въ то же время, имѣютъ противное стремленіе. Поэтому направленіе можетъ измѣниться лишь вслѣдствіе избыточнаго вліянія, направленаго въ ту или въ другую сторону, и средній результатъ восстанавливается въ каждое мгновеніе движенія кольца, волюшъ сходя со тѣмъ, какъ это совершается въ каждое полное обращеніе одинокаго возмущаемаго тѣла, находящагося подъ вліяніемъ неподвижнаго возмущающаго тѣла.

688. Между тѣмъ, узлы негнбкаго кольца отступаютъ, ибо совокупное, или среднее стремленіе узловъ каждой частицы направлено къ отступленію. Здѣсь, также какъ и въ другомъ случаѣ, открывается борьба между противодѣйствующими усилями частицъ, обратно расположенныхъ; эти усилія передаются чрезъ твердое вещество кольца; и такимъ образомъ въ каждое мгновеніе восстанавливается средній результатъ, который, будучи тождественъ по своему свойству съ результатомъ, обнаруживающимся въ каждое полное обращеніе одинокаго возмущаемаго тѣла, всегда благопріятствуетъ отступленію узла, исключая только случай, когда возмущающее тѣло, Солнце или Луна, находится въ плоскости земнаго экватора.

689. Наше разсужденіе, очевидно, независимо отъ всякихъ соображеній касательно причинъ, поддерживающей вращеніе кольца; все равно, будутъ ли частицы маленькіе спутники, удерживаемые на круглыхъ орбитахъ уравновѣшеннымъ вліяніемъ силъ притягательной и средобѣжной, или будутъ ли онѣ маленькія массы, прикрѣпленныя къ ряду воображаемыхъ спицъ, сходящихся въ S , какъ спицы колеса, и могущія выступить изъ своей плоскости только при помощи движенія спицъ, въ перпендикулярномъ къ плоскости колеса направленіи. Общій результатъ будетъ одинаковъ въ обоихъ случаяхъ, хотя различныя скорости вращенія, сообщаемыя по-

добной системѣ, могутъ имѣть, и дѣйствительно имѣютъ, большое вліяніе на абсолютныя и относительныя величины обоихъ разсматриваемыхъ нами дѣйствій на движеніе узловъ и на измѣненіе наклоненія. Понять это будетъ не трудно, если мы допустимъ, что колесо не имѣетъ вращательнаго движенія; ибо, въ такомъ крайнемъ случаѣ, узлы, очевидно, не отступаютъ, покуда M не измѣняетъ своего положенія, и плоскость кольца только качается вокругъ діаметра, перпендикулярнаго къ положенію M , приближаясь къ линіи MS .

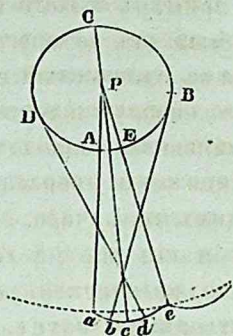
690. Движеніе подобнаго кольца представляетъ собою, относительно отступленія узловъ, подражаніе предваренію равноденствія; только узлы кольца отступаютъ гораздо быстрее, нежели въ весьма-медленномъ явленіи предваренія. Представимъ себѣ теперь, что кольцо нагружено сферическою массой, которая несравненно его тяжелѣе, помѣщена въ немъ concentрически и твердо къ нему прикрѣплена, но вовсе, или почти не подлежитъ вліянію подобной причины движенія; допустимъ притомъ, что не одно кольцо, а множество подобныхъ колець собраны вмѣстѣ вокругъ экватора шара, и образуютъ собою эллипсоидальный выступъ, окружающій его со всѣхъ сторонъ подобно скорлупѣ, но имѣющій массу весьма незначительную, въ сравненіи съ массой всего сфероида. Передъ нами составится довольно спосное изображеніе природы ⁽¹⁾,

(1) Косность и нечувствительность совершенно правильной сферы къ обращенію узловъ ея экватора, подъ вліяніемъ удаленнаго притягивающаго тѣла, обнаруживается изъ того, что составная притяженія подобнаго тѣла, или сила, которая, будучи противопоставлена этому притяженію, вполнѣ бы противодѣйствовала ему и уничтожала его вліяніе, необходимо направлена къ линіи, проходящей чрезъ центръ сферы, и слѣдовательно не можетъ повернуть сферу ни въ ту, ни въ другую сторону. Читатель можетъ возразить, что всю сферу можно разсматривать какъ совокупность колець всевозможныхъ діаметровъ и параллельныхъ ся экватору, и что по тому самому узлы не должны отступать и въ томъ случаѣ, когда нѣтъ возвышенія подъ экваторомъ. Это заключеніе неправильно, но предѣлы нашей книги не позволяютъ намъ изложить доказательство его ошибочности. Мы только вообще предостерегаемъ читателя, что нѣтъ въ динамикѣ предмета, который бы подавалъ болѣе поводовъ къ подобнымъ заблужденіямъ, и что ихъ можно открыть только при самомъ тщательномъ и всестороннемъ вниманіи.

и ясно, что кольца, принужденныя влечь за собою, при обращеніи своихъ узловъ, столь большую косную массу, понесутъ соразмѣрную утрату въ скорости своего отступленія. При помощи подобнаго объясненія легко понять, какимъ образомъ отъ дѣйствующихъ причинъ возникаетъ движеніе подобное предваренію равноденствій и другія сходныя съ нимъ движенія, отличающіяся чрезвычайною медленностію. Съ перваго взгляда кажется страннымъ, что полное дѣйствіе вѣшняго притяженія ограничивается порожденіемъ подобнаго движенія и не производитъ перемѣны въ наклоненіи экватора къ эклиптикѣ. По надлежащемъ соображеніи разсужденій, изложенныхъ въ §§ 679 и 680, оказывается, что, во всякомъ положеніи возмущающаго тѣла, каждой частицѣ вертящагося кольца, стремящейся перемѣною своего движенія измѣнить наклоненіе въ томъ или другомъ направленіи, соответствуетъ другая частица, оказывающая равное, но противоположное вліяніе.

691. Отступленіе узловъ земнаго экватора на данной плоскости равнозначительно съ коническимъ обращеніемъ земной оси вокругъ перпендикуляра къ этой плоскости. Въ настоящемъ случаѣ эта плоскость не есть эклиптика, а соответствующая данному времени плоскость лунной орбиты, и можетъ возникнуть вопросъ, какъ согласить это съ тѣмъ, что было сказано въ § 338 о свойствѣ разсматриваемаго здѣсь движенія. На это мы отвѣтимъ, что узлы лунной орбиты непрерывно и быстро отступаютъ, между тѣмъ какъ ея наклоненіе пребываетъ почти неизмѣннымъ, и потому точка небесной сферы, вокругъ которой, съ свойственною предваренію медленностію, обращается полюсъ земнаго экватора, сама непрерывно обращается вокругъ полюса эклиптики, съ тою гораздо большею скоростію движенія, которая соответствуетъ лунному узлу. Взглядъ на чертежъ лучше нежели слова объясняетъ сказанное. Р есть полюсъ эклиптики, А полюсъ лунной орбиты, обращающійся въ 19 лѣтъ по малому кругу ABCD; а полюсъ земнаго экватора, который движется всегда въ направленіи, перпендикулярномъ къ перемѣнному поло-

женію линіи Aa , со скоростію, зависящею отъ переменнѣйшей напряженности причинъ, дѣйствующихъ въ продолженіе періода обращенія узловъ. Но такъ какъ эта скорость чрезвычайно мала, то въ то время, когда A переходитъ въ B, C, D, E , линія Aa принимаетъ положенія Bb, Cc, Dd, Ee , и полюсъ Земли, въ одно тропическое обращеніе узла, перемѣщается такимъ образомъ въ e , описавъ не правильную дугу окружности ae , но одну извилину, или волну эпициклоидальной кривой $abcde$, со скоростію иногда бѣльшею, иногда меньшею средней скорости, что повторяется въ каждое послѣдовательное обращеніе узла.



692. Мы видѣли въ § 346, что именно такого рода движеніе имѣетъ полюсъ Земли вокругъ полюса эклиптики вслѣдствіе совокупныхъ вліяній предваренія равноденствія и колебанія, которыя и объясняются въ уранографіи такимъ движеніемъ. Если мы присоединимъ къ вліянію луннаго предваренія предвареніе солнечное, при исключительномъ дѣйствіи котораго полюсъ описывалъ бы равномерно окружность круга около P , то оно окажетъ вліяніе только на извилины нашей волнистой кривой, растянетъ волны въ длину, но не измѣнитъ ихъ ширины, или не подѣйствуетъ на качанія земной оси относительно полюса эклиптики. Такимъ образомъ мы усматриваемъ, что оба явленія, колебаніе и предвареніе, находятся въ тѣсной связи, или лучше, что оба они составляютъ существенныя части одного и того же явленія. Едва ли нужно присовокупить, что строгое аналитическое изслѣдованіе этой великой задачи, по точномъ опредѣленіи всѣхъ дѣйствующихъ силъ, и по суммированіи ихъ динамическихъ дѣйствій, приводитъ къ той же самой величинѣ коэффициентовъ предваренія и колебанія, которая выводится изъ наблюденій. Части предваренія равноденствія, зависящія

отъ вліянія Солнца и Луны, то-есть тѣ части, которыя равномѣрны, относятся между собою какъ 2 къ 5.

693. Въ колебаніи земной оси мы встрѣчаемъ первый примѣръ такого періодическаго движенія въ одной части системы, отъ котораго возникаетъ другое движеніе, совершающееся въ одинаковый съ первымъ періодъ. Движеніе лунныхъ узловъ обнаруживается здѣсь въ весьма-различномъ видѣ, но въ одинаковое періодическое время, въ особаго рода качательномъ движеніи твердой массы Земли. При этомъ случаѣ мы обобщимъ то начало, которое заключается въ нашемъ результатѣ, и которое часто встрѣчается не только въ каждомъ отдѣлѣ физической астрономіи, но и во всѣхъ отрасляхъ естественныхъ наукъ. Это начало можно назвать началомъ колебаній или сотрясеній, и выразить вообще такъ:

Если часть какой-либо системы, связанной вещественными узлами или взаимными притяженіями своихъ членовъ, непрерывно поддерживается въ состояніи правильнаго періодическаго движенія, какою-нибудь причиной, какъ возникающею отъ устройства системы, такъ и внѣшнюю, то это движеніе распространится по всей системѣ и возбудитъ въ каждомъ ея членѣ и во всякой части каждаго члена періодическія движенія, совершающіяся въ тотъ же періодъ, какъ и движеніе, отъ котораго они произошли, хотя наибольшія и наименьшія величины этихъ движеній могутъ и не совпадать вмѣстѣ въ одно и то же время ⁽¹⁾.

Устройство системы можетъ быть благопріятно и неблагопріятно для такой передачи періодическихъ движеній, или же благопріятствовать ему въ однихъ частяхъ системы и не благопріятствовать въ другихъ; сообразно съ этимъ, производныя качанія, бываютъ незамѣтны въ одномъ случаѣ, и

⁽¹⁾ Смотри доказательство этой теоремы для качаній системы, связанной несовершенно-упругими вещественными узлами, въ моемъ трактатѣ о звукѣ. Это доказательство не трудно обобщить и распространить на другія системы.

приобрѣтають ощутительную величину въ другомъ, а въ третьемъ ихъ видимыя дѣйствія бываютъ даже очевиднѣе, чѣмъ первоначальная причина. Примѣръ послѣдняго рода намъ представляетъ ускореніе Луны, о которомъ мы будемъ говорить въ послѣдствіи.

694. Наше положеніе на Землѣ и совершенство, до котораго доведены наши наблюденія, даютъ намъ возможность пользоваться ею какъ орудіемъ для *ощущенія* этихъ качаній,—этихъ производныхъ движеній, сообщаемыхъ съ различныхъ сторонъ, особенно нашею ближайшею сосѣдкой Луной, подобно тому какъ по сотрясенію дрожащей подъ нами доски мы открываемъ тайну передачи движенія, которою звукъ органной дудки распространяется въ воздухъ и уносится въ Землю. Мѣсячное обращеніе Луны и годовое движеніе Солнца производятъ, каждое, маленькія качанія въ земной оси, оканчивающіяся соотвѣтственно въ полумѣсячные и полугодовые періоды, и каждый изъ нихъ, съ этой точки зрѣнія на предметъ, можно разсматривать какъ часть періода, состоящаго изъ двухъ равныхъ и подобныхъ частей. Наиболѣе замѣчательный и чрезвычайно важный для насъ примѣръ подобнаго распространенія періодовъ представляютъ намъ приливы и отливы, или качанія, возбуждаемыя вращеніемъ Земли въ океанѣ, котораго форма возмущается перемѣнными притяженіями тѣлъ Солнца и Луны, изъ которыхъ каждое обращается по своей орбитѣ и сообщаетъ свой періодъ сложному явленію. Объясненіе прилива и отлива относится ближе къ тому отдѣлу общаго изслѣдованія о возмущеніяхъ, въ которомъ разсматривается дѣйствіе союзной возмущающей силы, направленной по радіусу, и потому отлагается до одной изъ слѣдующихъ главъ.

ГЛАВА XIII.

ТЕОРІЯ ОСЕЙ, ПЕРИГЕЛІЕВЪ И ЭКСЦЕНТРИЦИ- ТЕТОВЪ.

«Incipiunt magni procedere menses.» Virg. *Pollio*.

Объ измѣненіи элементовъ вообще.—Различіе между періодическими и въковыми измѣненіями.—Геометрическое выраженіе силъ касательной и нормальной.—Измѣненіе большой оси отъ вліянія касательной силы.—Теорема Лагранжа о сохраненіи среднихъ разстояній и періодовъ.—Теорія перигеліевъ и эксцентритетовъ.—Геометрическое изображеніе ихъ мгновенныхъ измѣненій.—Опредѣленіе возмущающей силы въ орбитахъ почти круглыхъ.—Приложеніе къ Лунѣ.—Теорія лунныхъ асидовъ и луннаго эксцентритета.—Опытный примѣръ.—Приложеніе предшествовавшихъ началъ къ теоріи планетъ.—Вознагражденіе въ орбитахъ почти совершенно круглыхъ.—Вліяніе эллиптичности.—Общіе результаты.—Теорема Лагранжа объ устойчивости эксцентритетовъ.

695. Въ предыдущей главѣ мы достаточно объяснили дѣйствіе ортогональной союзной возмущающей силы и прослѣдили результаты ея вліянія на непрерывное перемѣщеніе плоскости возмущаемой орбиты, вслѣдствіе котораго узлы этой плоскости попеременно подвигаются впередъ и отступаютъ назадъ на плоскости орбиты возмущающаго тѣла, при чемъ перевѣсъ падаетъ вообще на сторону отступленія, такъ что по исте-

ченіи долговременнаго періода узлы оканчиваютъ полное обращеніе и возвращаются въ свое первоначальное положеніе. вмѣстѣ съ тѣмъ наклоненіе плоскости возмущаемой орбиты непрерывно измѣняется, попеременно то увеличиваясь, то уменьшаясь; впрочемъ увеличеніе и уменьшеніе взаимно вознаграждаютъ другъ друга почти въ каждое обращеніе тѣлъ возмущаемаго и возмущающаго, точнѣе въ нѣсколько обращеній, и совершенно вполнѣ—въ долговременные періоды цѣлыхъ обращеній узловъ и апсидовъ. Въ настоящей главѣ и въ слѣдующихъ за нею мы постараемся изложить вліяніе прочихъ союзныхъ возмущающей силы, дѣйствующихъ въ плоскости возмущаемой орбиты и стремящихся измѣнить эллиптическую форму орбиты и нарушить законы эллиптическаго движенія въ ея плоскости. Небольшое, говоря вообще, взаимное наклоненіе орбитъ планетъ и спутниковъ позволяетъ намъ разсматривать въ теоріи ихъ вліянія отдѣльно другъ отъ друга, чѣмъ значительно облегчается изслѣдованіе. Сообразно съ этимъ, во всемъ что будетъ слѣдовать, мы опустимъ взаимное наклоненіе орбитъ тѣлъ возмущаемаго и возмущающаго, и предположимъ, что движенія совершаются, а силы дѣйствуютъ въ одной и той же плоскости.

696. Приступая къ разсмотрѣнію перемѣнъ, производимыхъ взаимодѣйствіемъ двухъ тѣлъ въ ихъ разнообразномъ расположеніи относительно другъ друга, въ формѣ и величинѣ ихъ орбитъ и въ мѣстѣ, занимаемомъ ими на этихъ орбитахъ, нужно сперва объяснить условія, принятые геометрами и астрономами въ приложеніи терминовъ и законовъ эллиптической системы къ возмущеннымъ орбитамъ, когда эти орбиты, вслѣдствіе возмущеній, уже утратили свою эллиптическую форму и перестали быть кривыми какого-либо извѣстнаго вида. Они поступаютъ такъ не столько ради удобствъ, доставляемыхъ этою системою для соображеній и для вычисленій, сколько по слѣдующей причинѣ: найдено, и на основаніи свойственныхъ случаю динамическихъ соотношеній можетъ быть доказано, что уклоненіе каждой планеты

отъ описываемаго сего эллипсиса, соответствующее всякой данной эпохѣ, можно точно представить, въ томъ предположеніи, что самый эллипсисъ медленно измѣняется, что его величина и эксцентрицитетъ подлежатъ перемѣнамъ, его положеніе на плоскости поворачивается и плоскость орбиты поворачивается сообразно извѣстнымъ законамъ, между тѣмъ какъ самая планета продолжаетъ двигаться по этому эллипсису, какъ будто бы онъ оставался неизмѣннымъ, а возмущающія силы не существовали. Съ этой точки зрѣнія на предметъ, можно допустить, что все вліяніе возмущающихъ силъ обращено на орбиту, между тѣмъ какъ соотношенія планеты съ своею орбитой пребываютъ неизмѣнными. Такой способъ воззрѣнія дѣйствительно самый естественный, и какъ бы предписывается намъ тою чрезмѣрной медленностію, съ которою развиваются измѣненія элементовъ планетныхъ орбитъ. Такъ, напримеръ, дробь, выражающая эксцентрицитетъ земной орбиты, измѣняется въ цѣлое столѣтіе не болѣе чѣмъ на 0,00004, а перигелій ея перемѣщается въ то же время на небесной сферѣ только на $19'39''$. Поэтому въ теченіе многихъ лѣтъ почти невозможно замѣтить разницу между измѣненнымъ и неизмѣненнымъ эллипсисомъ; а въ продолженіе одного обращенія разность между первоначальнымъ эллипсисомъ и кривою, представляющею измѣняющійся эллипсисъ, такъ ничтожна, что еслибы мы съ точностію начертили ихъ на столѣ, имѣющемъ шесть футовъ въ діаметрѣ, и стали потомъ разсматривать обѣ орбиты въ микроскопъ, на всемъ ихъ протяженіи, томы едва ли бы замѣтили между ними замѣтное разстояніе. Не называть *эллиптическимъ* такое движеніе, которое такъ близко сообразуется съ эллиптической кривою, было бы странно, даже въ томъ случаѣ, еслибы существовали незначительныя отклоненія въ ту и другую сторону; но вмѣстѣ съ тѣмъ, пренебрегать измѣненіе, которое изъ вѣка въ вѣкъ непрерывно накапливается, до тѣхъ поръ, пока оно невольно бросается въ глаза, было бы добровольнымъ ослѣпленіемъ.

697. Поэтому геометры согласились разсматривать движеніе каждой планеты въ одно обращеніе, или въ тече-

ніе непродолжительнаго времени, какъ движеніе эллиптическое, совершающееся по законамъ Кеплера, исключая тѣ весьма малыя и преходящія колебанія, которыя обнаруживаются въ этотъ промежутокъ; но вмѣстѣ съ тѣмъ они допускаютъ, что элементы каждаго эллипсиса измѣняются непрерывно, хотя и весьма медленно. Опредѣляя вліяніе возмущеній на систему, они преимущественно, или волюнѣ обращаютъ вниманіе на это измѣненіе элементовъ, какъ на условіе, отъ котораго окончательно зависятъ всѣ перемѣны въ главныхъ чертахъ системы.

698. Здѣсь мы встрѣчаемъ различіе между такъ-называемыми вѣковыми измѣненіями, и измѣненіями совершающимися въ краткіе періоды, которыя вознаграждаются по истеченіи непродолжительныхъ промежутковъ времени. Такъ, на примѣръ, при описаніи перемѣнъ въ наклоненіи возмущаемой орбиты (§ 679), мы показали, что въ каждое обращеніе возмущаемаго тѣла наклоненіе плоскости его движенія къ плоскости орбиты возмущающаго тѣла колеблется въ ту и въ другую сторону, и что подобныя колебанія близко вознаграждаются, оставляя впрочемъ небольшой избытокъ, который, въ свою очередь, почти вознаграждается въ одно обращеніе возмущающаго тѣла, послѣ чего однако опять остается малая часть невознагражденной перемѣны, которая компенсируется въ полное обращеніе узла, и тогда уже наклоненіе возвращается къ своей средней величинѣ. Первые два рода вознагражденій, совершаемыя планетами въ ихъ прохожденіе чрезъ рядъ конфигурацій относительно другъ друга, имѣютъ, сравнительно, краткіе періоды, и называются неравенствами, *зависящими отъ конфигурацій*; между тѣмъ какъ послѣднее вознагражденіе, совершающееся въ періодъ обращенія узла (одного изъ *элементовъ*), не имѣетъ ничего общаго съ конфигураціями отдѣльныхъ планетъ, требуетъ весьма долгаго времени для своего полнаго водворенія, и потому называется вѣковымъ измѣненіемъ.

699. Чтобы представить въ точности движенія возмущаемаго тѣла, планеты или спутника, необходимо выразить

какъ періодическія, такъ и вѣковыя измѣненія, съ соотвѣтствующими имъ неравенствами. Первые даже важнѣе послѣднихъ, ибо въ сущности вѣковыя неравенства суть не иное что какъ остатокъ отъ взаимнаго уничтоженія гораздо болѣе значительныхъ (какъ то часто бываетъ) періодическихъ неравенствъ. Но послѣднія, по своему свойству, преходящи и временны; они исчезаютъ въ короткій періодъ и не оставляютъ по себѣ слѣда. Планета временно отклоняется отъ своей медленно измѣняющейся орбиты, возвращается къ ней снова, и потомъ отходитъ на столько же въ другую сторону; между тѣмъ какъ измѣненная орбита приравливается къ среднему теченію всѣхъ подобныхъ отклоненій въ общій рядъ сторонъ, и представляетъ собою, въ безпредѣльный рядъ вѣковъ, картину средняго пути планетъ, въ которой сохраняются только черты общаго характера, а частныя подробности теряются. Впрочемъ періодическія неравенства отнюдь не остаются въ небреженіи, но удобнѣе принимать въ соображеніе ихъ вліяніе при помощи особаго изслѣдованія, независимо отъ вѣковыхъ измѣненій элементовъ.

700. Во избѣжаніе сложности при объясненіи читателю этихъ двухъ родовъ измѣненій, мы допустимъ теперь, что всѣ орбиты лежатъ въ одной плоскости, и ограничимся только двумя орбитами—тѣла возмущаемаго и тѣла возмущающаго. Подъ такой взглядъ на предметъ подходитъ, какъ мы показали, случай возмущенія Луны Солнцемъ, ибо каждое изъ этихъ тѣлъ можно по произволу разсматривать какъ неподвижное, если мы представимъ себѣ, что всѣ его движенія сообщены другому тѣлу въ противномъ направленіи. Пусть APB будетъ невозмущенная эллиптическая орбита планеты P , M возмущающее тѣло; проведемъ MP и назначивъ $MK=MS$, возьмемъ $MN : MK = MK^2 : MP^2$. Линія NS будетъ въ такомъ случаѣ представлять возмущающую силу M на P , въ томъ самомъ размѣрѣ, въ которомъ SM представляетъ притяженіе M на S . Проведемъ касательную ZPY черезъ точку P , линію SU къ ней перпендикулярную и линіи NT, NL , соотвѣтственно перпендикулярныя къ SU и

на жизненные условия обитателей ее поверхности. По свойству эллиптического движения под влиянием тяготения и сообразно с законами Кеплера, если известны скорость планеты в данной точке орбиты и расстояние этой точки от Солнца, можно определить большую ось орбиты. При этом не принимается во внимание *направление* движения планеты в данное мгновение. Оно оказывает влияние только на эксцентриситет и на положение эллипса, а не на его длину. Это свойство эллиптического движения было доказано Ньютоном, и есть одно из самых очевидных и элементарных следствий его теории. Рассмотрим теперь движение планеты, описывающей бесконечно малую дугу своей орбиты вокруг Солнца, под совокупным влиянием его притяжения и возмущающей силы другой планеты. Эта дуга будет иметь определенную кривизну и определенное направление, и может быть рассматриваема как дуга эллипса, описываемого вокруг Солнца, как фокуса, по той простой причине, что каковы бы ни были кривизна и направление этой дуги, всегда можно выбрать такой эллипс, которого фокус находится в Солнце и который совпадает с нею в промежутке, содержащемся между ее двумя, по предположению бесконечно близкими, крайними точками. Это чисто-геометрическая задача. Отсюда впрочем не следует, чтобы определенный для избранного мгновения эллипс должен был иметь одинаковые элементы с эллипсами, найденными на том же основании, для предшествующих или последующих мгновений. Это имело бы место при отсутствии возмущающей силы; но под ее влиянием элементы непрерывно изменяются, и выведенный таким образом эллипс претерпевает перемены в каждое мгновение. Когда планета достигнет конца маленькой рассматриваемой нами дуги, тогда вопрос о том, опишет ли она в следующее мгновение дугу, имеющую такую же или измененную ось, зависит не от направления, приданного дуге действующими силами, — ибо мы видели, что ось от этого направления независима, — и не от перемены в расстоянии

отъ Солнца,—ибо элементы этой дуги такъ къ ней прилаживаются, что одна и та же ось должна соответствовать ея началу и ея концу. Въ короткихъ словахъ, удержать ли ближайшая дуга прежнюю большую ось или получить новую, это зависитъ единственно отъ того, измѣняется ли или нѣтъ *скорость* планеты отъ дѣйствія возмущающей силы. Центральная сила, пребывающая въ фокусѣ, не можетъ возбудить въ скорости планеты перемѣны, несовмѣстной съ сохраненіемъ ея эллипсиса; ибо дѣйствіемъ этой силы скорость поддерживается въ томъ надлежащемъ соотношеніи съ разстояніемъ, которое условливается эллиптическимъ движеніемъ.

702. Итакъ мы видимъ, что мгновенное измѣненіе большой оси зависитъ единственно отъ мгновеннаго отклоненія отъ закона эллиптической скорости, вслѣдствіе вліянія возмущающей силы, и вовсе не находится въ связи ни съ направленіемъ этой извѣстѣ сообщаемой скорости, ни съ разстояніемъ планеты отъ Солнца въ то время, когда она сообщается ей. Такъ какъ это справедливо для каждого мгновенія движенія, то можно идти далѣе, и заключить, что, по истеченіи произвольно-долгаго времени, полная перемѣна въ величинѣ большой оси зависитъ единственно отъ полного измѣненія, производимаго возмущающею силой въ скорости возмущаемаго тѣла, сравнительно съ тою скоростью, которую оно имѣло бы на невозмущенной орбитѣ, при одинаковомъ разстояніи отъ центра, и что, слѣдовательно, полная перемѣна въ величинѣ большой оси, въ теченіе всякаго промежутка времени, можетъ быть опредѣлена, если извѣстно измѣненіе, производимое въ каждое мгновеніе возмущающею силой въ скорости движущагося тѣла, и опредѣлена независимо отъ измѣненій прочихъ элементовъ движенія, вслѣдствіе вліянія той же силы въ то же время.

703. Не вся возмущающая сила дѣйствуетъ на измѣненіе скорости P , но только ея союзная по касательной. Нормальная союзная стремится лишь измѣнить кривизну орбиты, или согнуть ее сообразно кругу кривизны, большаго

или меньшаго радіуса, смотря по случаю, но отнюдь не имѣетъ вліянія на скорость. Отсюда явствуетъ, что *измѣненіе длины оси вполне зависитъ отъ касательной силы и совершенно независимо отъ нормальной*. Не трудно доказать, что съ увеличиваніемъ скорости возрастаетъ и ось (при неизмѣнномъ разстояніи) ⁽¹⁾, хотя и не въ одинаковомъ отношеніи. Отсюда слѣдуетъ, что если касательная возмущающая сила увеличиваетъ скорость движенія Р, то отъ мгновеннаго ея дѣйствія возрастаетъ также ось возмущаемой орбиты, каково бы ни было положеніе Р на своей орбитѣ, и наоборотъ.

704. Пусть ASB будетъ большая ось эллипсиса ABR (черт. §. 700); возьмемъ на противоположной сторонѣ АВ двѣ точки Р' и М', расположенныя относительно оси симметрично съ точками Р и М. Если въ Р' и М' помѣстятся тѣла, равныя Р и М, то силы, съ которыми М' дѣйствуетъ на Р' и на S, будутъ равны силамъ, съ которыми дѣйствуетъ М на Р и на S; и слѣдовательно касательная возмущающая сила М' на Р', дѣйствующая, положимъ, въ направленіи Р'Z', будетъ равна силѣ М на Р, въ направленіи PZ. Поэтому движеніе Р', въ предположеніи, что Р' обращается вокругъ S въ одинаковомъ направленіи съ Р, будетъ замедлено (или ускорено, смотря по случаю) точно такую же сплой, которая ускоряетъ (или замедляетъ) Р, такъ что измѣненія осей орбитъ, соответствующихъ Р и Р', будутъ одинаковы по величинѣ, но противоположны по характеру. Допустимъ, что орбита М круглая. Въ такомъ случаѣ (если періоды М и Р несоизмѣримы, такъ что послѣ умѣренного числа обращеній оба тѣла возвращаются въ тѣ же самыя относительныя положенія), необходимо случится въ продолженіе весьма многихъ обращеній, что Р займетъ когда-

(1) Если a означаетъ полуось, r радіусъ-векторъ, v скорость Р въ какой-либо точкѣ эллипсиса, то a опредѣляется изъ соотношенія $v^2 = \frac{2}{r} - \frac{1}{a}$, по избраніи приличныхъ единицъ для выраженія скорости и силы.

нибудь относительно M на одной сторонѣ оси, такое же положеніе, какое оно имѣло нѣкогда на другой. Каково бы ни было измѣненіе большой оси въ одномъ положеніи, оно сдѣлается превратнымъ въ противоположномъ симметрическомъ положеніи, и окончательнымъ результатомъ, по истеченіи безчисленнаго множества обращеній, будетъ полное и точное вознагражденіе измѣненій въ одномъ направленіи измѣненіями въ другомъ направленіи.

705. Положимъ теперь, что орбита P круглая. Если орбита M тоже круглая, то ясно, что, по окончаніи полного синодическаго обращенія, первоначальная длина оси восстанавливается въ точности, ибо касательныя силы симметрично равны и противоположны въ продолженіе каждой поочередной четверти обращенія. Но если M , въ теченіе синодическаго обращенія, нѣсколько *удаляется* отъ S , то возмущающая сила постепенно слабѣетъ, такъ что въ синодическое обращеніе хотя касательная сила и принимаетъ въ каждой четверти обратное направленіе, но дѣйствуя слабѣе, не можетъ восстановить полного вознагражденія, и оставляетъ за собою некомпенсированную часть — излишекъ сильнѣйшаго вліянія надъ слабѣйшимъ. Положимъ теперь, что M приближается къ S съ тою же постепенностію, съ какою прежде оно отъ него отдалялось. Очевидно, что выйдетъ превратный результатъ, ибо все сильнѣйшее невознагражденное вліяніе падаетъ въ противную сторону. Если M описываетъ эллиптическую орбиту, то во все продолженіе его удаленія отъ S , покуда оно совершаетъ половину обращенія, отъ перигелія до афелія, непрерывное невознагражденное вліяніе накапливается въ одномъ направленіи. Но изъ сказаннаго явствуетъ, что все это уничтожается во время приближенія M къ S на другой половинѣ орбиты; такъ что и въ этомъ случаѣ, въ совокупности множества обращеній, въ продолженіе которыхъ P находилось, *соответственно каждому разстоянію M отъ S , во всевозможныхъ положеніяхъ относительно M* , восстановление должно совершиться.

706. Если объ орбиты тѣлъ P и M не круглыя, и если притомъ направленія ихъ осей различны, то нельзя приложить разсужденія, основаннаго на симметріи ихъ взаимныхъ соотношеній, и необходимо взглянуть на предметъ съ болѣе-общей точки зрѣнія. Между основными соотношеніями динамики, не предполагающими особеннаго закона силы, каковъ, напримѣръ, законъ тяготѣнія, но выражающими въ общихъ чертахъ результатъ *временнаго* дѣйствія *силы* на *вещество*, для сообщенія или измѣненія скорости, есть начало, пзвѣстное подъ названіемъ «начала сохраненія *живыхъ силъ*», которое прямо прилагается къ разсматриваемому случаю. Вслѣдствіе этого начала (или правильнѣе—теоремы), тѣло, подлежащее въ каждое мгновеніе своего движенія дѣйствію силъ, которыя направлены къ неподвижнымъ центрамъ, сколько бъ ихъ ни было, и которыхъ напряженность зависитъ единственно отъ разстояній соотвѣствующихъ центровъ дѣйствія, когда приходитъ отъ одной точки пространства въ другую точку, пріобрѣтаетъ въ послѣдней скорость, отличающуюся отъ скорости въ начальной точкѣ, на количество, зависящее единственно отъ относительнаго положенія этихъ двухъ точекъ въ пространствѣ, помимо всякаго соотношенія съ формою кривой, по которой двигалось тѣло, при переходѣ изъ одной точки въ другую, будетъ ли эта кривая описана свободно, подъ вліяніемъ центральныхъ силъ, или будетъ ли принуждено тѣло скользить по ней подобно шарiku, нанизанному на гладкую проволоку. Въ числѣ дѣйствующихъ такимъ образомъ силъ можно включить всѣ параллельныя силы, предположивъ, что онѣ направлены къ безконечно-отдаленнымъ неподвижнымъ центрамъ. Изъ этой теоремы слѣдуетъ, что тѣло, по возвращеніи въ точку P , изъ которой оно начало свое движеніе, пріобрѣтаетъ ту же скорость, которую оно имѣло при выходѣ изъ этой точки. Въ настоящемъ изслѣдованіи, такое заключеніе избавляетъ насъ отъ необходимости принимать въ соображеніе законы возмущающей силы, измѣненіе, происходящее въ орбитѣ P отъ ея вліянія, и послѣдовательное уничтоженіе скорости, со-

общаемой въ какой-либо промежуточной точкѣ пути, превратнымъ дѣйствіемъ касательной силы въ другой точкѣ. Приложимъ эту теорему къ разсматриваемому случаю, и допустимъ, что M сохраняетъ неизмѣнное положеніе въ продолженіе полнаго обращенія P . Въ теченіе этого времени, P находится подъ вліяніемъ трехъ силъ: 1) центральнаго притяженія S , всегда направленнаго къ S ; 2) притяженія M , всегда направленнаго къ M , и 3) силы, равной притяженію M на S , но въ направленіи MS . Итакъ, по окончаніи обращенія, скорость P , а слѣдовательно и большая ось его орбиты не измѣняются, если мы опустимъ ничтожную разность, происходящую отъ того, что по окончаніи обращенія тѣло P не возвращается совершенно въ ту же исходную точку, вслѣдствіе возмущеній, претерпѣнныхъ въ промежуткѣ орбитой отъ вліянія возмущающей силы, которую мы можемъ покуда пренебречь.

707. Допустимъ теперь, что тѣло M обращается; рассуждая какъ въ § 705, увидимъ, что всякое некомпенсированное измѣненіе скорости, возникающее въ теченіе тѣхъ послѣдовательныхъ обращеній P , въ продолженіе которыхъ M удаляется отъ S , уничтожается противоположными некомпенсированными измѣненіями, происходящими во время приближенія M къ S . Проще и общѣе это можно выразить такъ: гдѣ бы ни находилось M , каждому положенію P соотвѣтствуетъ другое положеніе P , наприимѣръ P' , въ которомъ дѣйствіе M совершенно извращается. *Если періоды несоизмѣримы*, то, въ неопредѣленное число обращеній обояхъ тѣлъ, каждому возможному сочетанію положеній (M, P) соотвѣтствуетъ въ какое-либо иное время сочетаніе (M, P') , уничтожающее въ общемъ результатѣ вліяніе перваго; такъ что окончательно, по истеченіи весьма длинныхъ періодовъ времени, совершается полное вознагражденіе.

708. Здѣсь предполагается, что въ продолженіе этихъ долгихъ періодовъ орбита M не измѣняется въ такой степени, чтобы появленіе компенсирующаго положенія (M, P') сдѣлалось

невозможнымъ. Это произошло бы въ томъ случаѣ, еслибъ орбита тѣла М неопредѣленно расширялась или сокращалась отъ измѣненія ея оси. Но разсужденіе, которое прилагается къ Р, имѣетъ мѣсто и для М. Еслибы Р пребывало въ неизмѣнномъ положеніи, то скорость М и слѣдовательно ось его орбиты возстановлялись бы въ первоначальномъ видѣ по окончаніи обращенія М; такъ что каждому положенію РМ соответствовало бы компенсирующее положеніе РМ'. Такимъ образомъ орбита М сохраняетъ ту же величину, и обезпечивается возможность компенсирующаго положенія (М, Р').

709. Чтобы доказать съ строгою математическою точностію полное и окончательное вознагражденіе разсматриваемыхъ измѣненій, слѣдуетъ показать, что весьма малые остатки перемѣнъ, происходящія отъ несовершенно-точнаго возвращенія тѣлъ Р и М въ тѣ же самыя точки, по окончаніи каждого обращенія, не могутъ, въ теченіе длиннаго ряда вѣковъ, накопляться въ одномъ смыслѣ. Въ послѣдующей части этой главы будетъ объяснено, что отъ вліянія возмущеній на эксцентрицитеты и апсиды орбитъ первые претерпѣваютъ лишь періодическія измѣненія, а послѣдніе обращаются и приходятъ послѣдовательно во всевозможныя положенія. Поэтому, въ теченіе безграничнаго времени, точки возвращенія Р и М на опредѣленныя линіи направленія SP, SM, бываютъ, въ послѣдовательныя обращенія, иногда ближе къ S, иногда далѣе отъ него, и колеблются такимъ образомъ около среднихъ точекъ, отъ которыхъ никогда не удаляются значительно. Если возвращеніе въ Р, по окончаніи полнаго обращенія, падаетъ въ точку *ближайшую* къ S и причиняетъ *излишекъ* скорости; то возвращеніе въ болѣе-отдаленную точку будетъ имѣть слѣдствіемъ недостатокъ скорости; такимъ образомъ, вмѣстѣ съ окончательнымъ уравнивающимъ колебаніи въ разстояніяхъ, уравниваются также избытки и недостатки въ скорости, въ необъятно-длинные періоды, которые, для одной причины неравенства, не менѣе времени тѣлаго обращенія апсидовъ Р, а для другой причины—не менѣе времени, по-

требнаго для полнаго возстановленія первоначальной величины эксцентрицитета.

710. Общее динамическое предложеніе, на которомъ основывается наше разсужденіе, равно прилагается и къ случаю, когда силы дѣйствуютъ въ одной плоскости, и къ случаю, когда онѣ направлены къ центрамъ, лежащимъ гдѣ бы то ни было въ пространствѣ. Поэтому, мы можемъ пользоваться этимъ разсужденіемъ и тогда, когда примемъ въ соображеніе наклоненіе орбиты Р къ орбитѣ М. Только въ этомъ случаѣ, по окончаніи полнаго обращенія Р, измѣненіе наклоненія и движеніе узловъ орбиты препятствуютъ тѣлу Р возвратиться въ точку, лежащую въ самой плоскости первоначальной орбиты, подобно тому, какъ измѣненіе эксцентрицитета и движеніе перигелія не позволяли Р возвратиться къ тому же разстоянію отъ S. Но такъ какъ наклоненіе колеблется около средней величины, никогда не уклоняясь отъ нея значительно, и такъ какъ узлы обращаются и совершаютъ цѣлый оборотъ; то ясно, что, въ продолженіе полнаго періода, точки возвращенія Р къ той же долготѣ будутъ равно часто и равно значительно уклоняться въ ту и въ другую сторону отъ точнаго совпаденія съ первоначальной точкой отправленія, и что по тому самому, въ теченіе безконечнаго числа обращеній, вліяніе этой причины неполнаго вознагражденія будетъ также уничтожено.

711. Упоминаемое здѣсь динамическое предложеніе всеобщее; оно прилагается ко всякому числу неподвижныхъ центровъ, и ко всякому распредѣленію ихъ въ пространствѣ; поэтому наши заключенія остаются тѣ же, каково бы ни было число возмущающихъ тѣлъ, только періоды компенсаціи становятся болѣе сложными и запутанными. Мы приходимъ такимъ образомъ къ чрезвычайно-важному заключенію, что большія оси орбитъ планетъ и Луны, а слѣдовательно и средніе періоды обращеній подлежатъ лишь періодическимъ измѣненіямъ; что длина года, напримѣръ, въ продолженіе безконечнаго ряда вѣковъ не стремится ни къ увеличиванію ни къ уменьшенію,—что планеты никогда не удалятся отъ

Солнца и не упадутъ на него, но будутъ, на сколько то зависить отъ ихъ взаимныхъ возмущеній, всегда обращаться по орбитамъ, имѣющимъ почти точно такіе же размѣры, какъ и въ настоящее время.

712. Эта теорема, открытая Лагранжемъ, справедливо почитается важнѣйшимъ изъ всѣхъ отдѣльныхъ результатовъ, которыми были награждены математики въ приложеніи ихъ науки къ объясненію движеній небесныхъ тѣлъ. Особою достойно замѣчанія, что теорема, какъ то явствуютъ изъ нашего взгляда на предметъ, справедлива лишь при вліяніи возмущающихъ силъ на прочіе элементы орбиты, на перигелій, эксцентрицитетъ, наклоненіе и узлы; ибо мы видѣли, что обращенія апсидовъ и узловъ, и періодическія увеличиванія и уменьшенія эксцентрицитетовъ и наклоненій, равно необходимы для осуществленія окончательнаго вознагражденія въ такомъ полномъ видѣ, который придаетъ теоремѣ характеръ математической точности. Мы встрѣчаемъ здѣсь примѣръ тому, какимъ образомъ возмущеніе одного рода, своимъ вліяніемъ на возмущеніе другого рода, уничтожаетъ такое дѣйствіе, которое, накопляясь, разрушало бы систему. Впрочемъ не должно забывать, что малая величина эксцентрицитетовъ наиболѣе вліятельныхъ планетъ придаетъ этой теоремѣ *практическую* важность, и выводитъ ее изъ ряда безплодныхъ умозрительныхъ результатовъ. Въ границахъ окончательнаго вознагражденія, лишь одно это обстоятельство не позволяетъ колебаніямъ большой оси около средней величины выходить изъ умѣренныхъ предѣловъ. Хотя Земля не можетъ ни упасть на Солнце, ни удалиться отъ него за предѣлы нашей системы, но всякое значительное увеличеніе или уменьшеніе средняго разстоянія, простирающееся, на примѣръ, до одной десятой его настоящей величины, неминуемо извратило бы условія, отъ которыхъ зависитъ существованіе современной породы живыхъ существъ. Но при настоящемъ устройствѣ нашей системы подобныя перемѣны совершенно невозможны. Наибольшее отклоненіе большой оси планетной орбиты отъ своей средней величины,

обнаруженное доселѣ теоріей или наблюдениемъ, принадлежитъ орбитѣ Сатурна, возмущаемой Юпитеромъ: оно здѣсь менѣе одной тысячной части ея полуоси ⁽¹⁾. Тѣмъ не менѣе вліяніе этихъ колебаній весьма чувствительно, и обнаруживается въ поочередныхъ ускореніяхъ и замедленіяхъ углового движенія возмущаемаго тѣла вокругъ центральнаго тѣла, отчего первое поочередно то уходитъ впередъ, то остается назади отъ своего *эллиптическаго* мѣста на орбитѣ. Отсюда возникаютъ такъ-называемыя неравенства въ движеніи возмущающаго тѣла; мы укажемъ на главнѣйшія изъ нихъ въ послѣдствіи, когда будемъ разсматривать подробнѣе вліянія касательной силы, въ различныхъ конфигураціяхъ тѣлъ возмущаемаго и возмущающаго, и объяснимъ послѣдствія близкаго приближенія періодовъ обращеній къ соизмѣримости. Точная соизмѣримость въ этомъ отношеніи, вслѣдствіе которой обѣ планеты возвращались бы въ ту же конфигурацію, на примѣръ, послѣ двухъ, или трехъ обращеній одной изъ нихъ, какъ кажется съ перваго взгляда, должна бы была нарушить основные элементы нашего доказательства. Но если мы и допустимъ, что въ какую-нибудь эпоху подобная точная соизмѣримость дѣйствительно существовала, то она не можетъ сохраняться постоянно, ибо вслѣдствіе замѣчательнаго свойства возмущеній этого рода, которое было доказано геометриями, но на объясненіи котораго мы не можемъ здѣсь остановиться, всякая переменная въ оси возмущаемой планеты неизбѣжно сопровождается переменною въ *противномъ смыслѣ* въ оси возмущающей планеты; такъ что періоды уклоняются отъ соизмѣримости въ силу самого своего взаимнодѣйствія. Планетная система представляетъ примѣры приближенія до извѣстной степени къ соизмѣримости; въ весьма-замѣчательномъ случаѣ Урана и Нептуна это приближеніе даже очень велико, но все еще не достаточно для

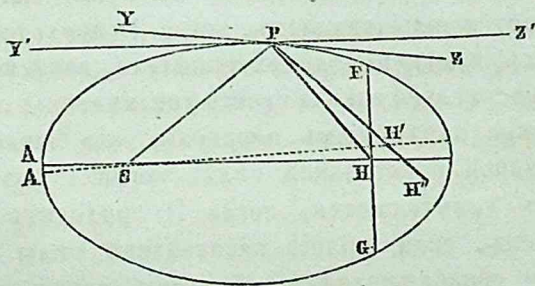
(1) Бóльшія измѣненія вѣроятно будутъ замѣчены въ орбитахъ малыхъ планетъ, выходящихъ за тропики. Но въ нашемъ сочиненіи мы не имѣемъ надобности обращать особенное вниманіе на столь-незначительные члены системы.

ствіе касательной силы на P увеличиваетъ его скорость: ось увеличится, и новая величина a , положимъ a' , будетъ болѣе a . Но касательная сила не измѣняетъ угла прикосновенія (касательной съ радіусомъ-векторомъ), и потому, чтобы найти новое положеніе верхняго фокуса H' , мы должны отмѣрить, *на той же линіи* PH , разстояніе $PH' = 2a' - SP$, болѣе PH . Сдѣлавъ это, проведемъ SH' , и продолжимъ эту линію. Тогда $A'B'$ будетъ новое положеніе оси, а $\frac{1}{2}SH'$ новый эксцентриситетъ. Отсюда слѣдуетъ: во 1-хъ, что новое положеніе перигелія A' уклоняется отъ стараго положенія A въ ту сторону большой оси AB , на которой находится P во время увеличиванія скорости отъ вліянія касательной силы, движется ли P изъ перигелія въ афелій, или наоборотъ; во 2-хъ, при такомъ дѣйствіи касательной силы, эксцентриситетъ увеличивается, когда P находится между перигелиемъ и перпендикуляромъ къ оси FHG , проведеннымъ черезъ верхній фокусъ, и уменьшается, когда P находится между тѣмъ же перпендикуляромъ и афелиемъ; въ 3-хъ, при данномъ измѣненіи скорости, т.-е. при данной величинѣ касательной силы, мгновенное измѣненіе въ положеніи перигелія бываетъ наибольшее, когда P находится въ F или въ G ; откуда, къ перигелію и афелію, оно уменьшается до нуля, такъ что перигелій становится неподвижнымъ, когда P приходитъ въ A или въ B ; въ 4-хъ, измѣненіе эксцентриситета, зависящее отъ этой причины, относительно закона своего увеличиванія и уменьшенія, противоположно измѣненіямъ перигелія; оно бываетъ наибольшее, при данной касательной силѣ, когда P находится въ A или въ B , и уничтожается, когда P приходитъ въ G , или въ F ; наконецъ, если вліяніе касательной силы уменьшаетъ скорость, то обнаруживаются обратные результаты. Когда орбита очень мало разнится отъ круга ⁽¹⁾, тогда точки F и G имѣютъ такое положеніе, что хотя они и не лежатъ на противоположныхъ концахъ *діаметра*, но времена, употреб-

(1) Такъ мало, что можно пренебречь кубъ эксцентриситета.

ляемые на прохожденіе дугъ AF , FB , BG и GA , всѣ между собою равны, и слѣдовательно равняются каждое четверти періода обращенія P .

714. Разсмотримъ теперь вліяніе нормальной союзной возмущающей силы на тѣ же элементы. Прямое вліяніе этой силы состоитъ въ увеличеніи или въ уменьшеніи кривизны орбиты въ точкѣ P , въ которой она дѣйствуетъ, но она не производитъ никакой перемѣны въ скорости, и потому длина большой оси пребываетъ неизмѣнною. Увеличеніе кривизны въ P равнозначительно съ уменьшеніемъ угла прикосновенія SPY , когда P приближается къ S , и съ увеличеніемъ этого угла, когда P удаляется отъ S . Остановимся на первомъ случаѣ, и допустимъ, что во время приближенія P къ S , покуда первое тѣло движется отъ афелія къ перигелію, нормальная сила дѣйствуетъ вовнутрь, или направлена къ вогнутости эллипсиса. Тогда касательная PY отъ вліянія этой силы приметъ положеніе PY' . Чтобъ опредѣлить соотвѣтствующее положеніе H' , занимаемое фокусомъ возмущаемой орбиты, нужно взять уголъ $SPH' = 180^\circ - 2SPY'$, или, что все равно, провести PH' на сторонѣ PH , противоположной S , сдѣлать уголъ $HPH' = \text{двой-}$



ному углу отклоненія YPY' , и на PH' отложить $PH' = PH$. Если продолжимъ SH' , то $A'SH'M'$ будетъ новое положеніе оси, A' новый перигелій, и $\frac{1}{2}SH'$ новый эксцентриситетъ. Отсюда заключаемъ, во 1-хъ, что когда нормальная сила

дѣйствуетъ вовнутрь, а P движется къ перигелію, тогда новое направленіе SA' перигелія подвигается впередъ отъ стараго, въ смыслѣ обращенія P —или апсиды имѣютъ движеніе прямое—если P находится гдѣ-нибудь между F и A (ибо когда P бываетъ въ F , тогда H' падаетъ на HM между H и M); когда P приходитъ въ F , тогда апсиды неподвижны, но когда оно бываетъ гдѣ-нибудь между M и F , тогда апсиды отступаютъ, и H' падаетъ на противоположную сторону оси; во 2-хъ, что при тѣхъ же направленіяхъ нормальной силы и движенія P эксцентриситетъ увеличивается въ продолженіе движенія по всей половинѣ эллипсиса отъ афелія до перигелія, и притомъ въ F увеличиваніе достигаетъ наибольшей величины, а въ афеліѣ и въ перигеліѣ уничтожается; въ 3-хъ, что на другой половинѣ AGM орбиты, когда P движется изъ перигелія въ афелій, или удаляется отъ S , всѣ эти вліянія обнаруживаются въ превратномъ видѣ; въ 4-хъ, что эти вліянія становятся противоположными и тогда, когда нормальная сила принимаетъ противное направленіе, дѣйствуя не вовнутрь, но снаружы; въ 5-хъ, что измѣненія эксцентриситета и перигелія и въ этомъ случаѣ дополняютъ другъ друга, и что измѣненія перваго элемента бываютъ наибольшія, когда измѣненія послѣдняго обращаются въ нуль, и наоборотъ; наконецъ въ 6-хъ, что перемѣны въ положеніи фокуса H , возбуждаемыя дѣйствіями союзныхъ возмущающей силы, касательной и нормальной, перпендикулярны другъ къ другу при всякомъ положеніи P , и что, слѣдовательно, вліяніе касательной силы на тотъ или другой изъ разсматриваемыхъ элементовъ, соразмѣрно съ ея напряженностію, бываетъ наибольшее тамъ, гдѣ вліяніе нормальной силы наименьшее, и наоборотъ.

715. Итакъ для опредѣленія мгновеннаго дѣйствія полной возмущающей силы нужно разложить ее на союзныя, касательную и нормальную, разсмотрѣть отдѣльно, на основаніи изложенныхъ началъ, вліяніе каждой союзной на оба элемента, и сложить или вычесть результаты, смотря по тому, дѣйствуютъ ли они въ одинаковомъ или противополо-

жномъ другъ другу направлениі. Или же можно прямо сдѣлать уголъ PHH'' равнымъ удвоенному отклоненію, производимому нормальною силой, и отложить $\text{PH}'' = \text{PH} +$ удвоенное измѣненіе, происходящее въ то же время отъ вліянія касательной силы; тогда H'' будетъ новый фокусъ. Мгновенная скорость, поражаемая касательною силой, можетъ быть вычислена на основаніи обыкновенныхъ началъ динамики, когда эта сила извѣстна, послѣ чего легко уже вывести самое измѣненіе оси ⁽¹⁾. Зная нормальную силу, не трудно также опредѣлить скорость, сообщаемую ею въ направленіи самой себя. Раздѣливъ эту скорость на линейную скорость P , соотвѣтствующую тому же времени, найдемъ угловую скорость вращенія касательной около P , или соотвѣтствующее мгновенное измѣненіе угла прикосновенія SPY .

716. Въ слѣдующемъ перечнѣ помѣщены въ формѣ таблицъ всѣ разнообразныя случаи, когда тѣло P приближается къ S , или удаляется отъ него, когда оно находится на дугѣ FAG своей орбиты *около перигелія*, или на болѣе-отдаленной дугѣ GMF *около афелія*, когда касательная сила *ускоряетъ*, или *замедляетъ* движеніе возмущаемаго тѣла, когда нормальная сила дѣйствуетъ вовнутрь или кнаружи относительно вогнутости орбиты.

717. Опредѣленіе полной величины перемѣны, происходящей въ данное время отъ мгновенныхъ измѣненій элементовъ возмущаемой орбиты, соотвѣтствующихъ послѣдовательнымъ положеніямъ P и M , есть дѣло интегральнаго исчисленія и совершенно выходитъ изъ предѣловъ нашей книги. Но

(1) $\frac{1}{a} = \frac{2}{r} - v^2$, и $\frac{1}{a'} = \frac{2}{r} - v'^2$; откуда $\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = v^2 - v'^2 = (v + v')(v - v')$, или, принимая въ соображеніе только безконечно малыя измѣненія, $\frac{a' - a}{a^2} = 2 v (v' - v)$, или $a' - a = 2 a^2 v (v' - v)$; откуда явствуетъ, что измѣненіе оси, происходящее отъ даннаго измѣненія скорости, независимо отъ r , и остается одинаково, въ какомъ бы разстояніи отъ S ни произошла перемѣна; и что для даннаго измѣненія скорости (или для данной касательной силы), при равенствѣ прочихъ обстоятельствъ, измѣненіе оси увеличивается, *пропорціонально самой скорости*.

ДѢЙСТВИЯ КАСАТЕЛЬНОЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ.

Направленіе движенія Р.	Положеніе Р на орбитѣ.	Дѣйствіе касательной силы.	Вліяніе на элементы.
Р приближается къ S.	Всему.	Ускоряетъ Р.	Апсиды отступаютъ назадъ.
Р приближается къ S.	Всему.	Замедляетъ Р.	подвигаются впередъ.
Р удаляется отъ S.	Всему.	Ускоряетъ Р.	подвигаются впередъ.
Р удаляется отъ S.	Всему.	Замедляетъ Р.	отступаютъ назадъ.
Безразлично.	Около афелія.	Ускоряетъ Р.	Эксцентриситетъ уменьшается.
Безразлично.	Около афелія.	Замедляетъ Р.	увеличивается.
Безразлично.	Около перигелія.	Ускоряетъ Р.	увеличивается.
Безразлично.	Около перигелія.	Замедляетъ Р.	уменьшается.

ДѢЙСТВІЯ НОРМАЛЬНОЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ.

Направленіе движенія Р.	Положеніе Р на орбитѣ.	Дѣйствіе нормальной силы направлено:	Вліяніе на элементы.
Безразлично.	Около афелія.	Вонутрь.	Апсиды отступаютъ назадъ.
Безразлично.	Около афелія.	Кнаружи.	подвигаются впередъ.
Безразлично.	Около перигелія.	Вонутрь.	подвигаются впередъ.
Безразлично.	Около перигелія.	Кнаруж.	отступаютъ назадъ.
Р приближается къ S.	Всюду.	Вонутрь.	Эксцентриситетъ увеличивается.
Р приближается къ S.	Всюду.	Кнаруж.	уменьшается.
Р удаляется отъ S.	Всюду.	Вонутрь.	уменьшается.
Р удаляется отъ S.	Всюду.	Кнаруж.	увеличивается.

и выведенныя нами заключенія о вліяніи силъ касательной и нормальной останутся существенно тѣ же, если мы, при опредѣленіи *количественной* величины силъ, воспользуемся тѣмъ упрощеніемъ въ ихъ числовомъ выраженіи, которое появляется коль скоро мы опускаемъ уголъ PSY , то-есть, если мы замѣнимъ эти силы силами касательною и трансверсальною. Свойство этихъ вліяній зависитъ отъ направленія дѣйствія силъ (§§ 713, 714), которое, по прежнему, будемъ предполагать нормальнымъ и касательнымъ, а ошибка, возникающая отъ пренебреженія угла PSY , можетъ падать на опредѣляемое вліяніе лишь въ количественномъ отношеніи. Въ лунной орбитѣ этотъ уголъ никогда не превышаетъ $3^\circ 10'$, и потому, въ первомъ приближеніи, можно безъ опасенія пренебречь его вліяніе на количественное опредѣленіе дѣйствующихъ силъ. MN опредѣляется изъ пропорціи $MP^2 : MS^2 = MS : MN$, $NP (= MN - MP)$ также извѣстно; слѣдовательно $NL = NP \sin NPS = NP \sin (ASP + SMP)$, и $LS = PL - PS = NP \cos NPS - PS = NP \cos (ASP + SMP) - SP$, которыя выражаютъ соответственно силы касательную и нормальную, въ той же мѣрѣ, въ какой SM представляетъ притяженіе M на S , — будутъ также извѣстны ⁽¹⁾. Предположимъ, что P обращается въ направленіи $EADB$. Въ такомъ случаѣ, составивъ чертежи для различныхъ положеній P на всемъ кругѣ, читатель легко убѣдится: во 1-хъ, что касательная сила ускоряетъ движеніе отъ E до A

$$\begin{aligned} & \text{(^{1}) } MS = R, SP = r, MP = f, ASP = \theta, AMP = M, MN = \frac{R^2}{f^2}, NP = \\ & \frac{R^2 - f^2}{f^2} = (R - f) \left(1 + \frac{R}{f} + \frac{R^2}{f^2} \right), \text{ откуда получаемъ} \end{aligned}$$

$$NL = (R - f) \sin (\theta + M) \left(1 + \frac{R}{f} + \frac{R^2}{f^2} \right);$$

$$LS = (R - f) \cos (\theta + M) \left(1 + \frac{R}{f} + \frac{R^2}{f^2} \right) - r.$$

Если R и f , по причинѣ большаго разстоянія M , почти равны, то $R - f = PV$, $\frac{R}{f}$ приближенно $= 1$, и уголъ M можно опустить, такъ что $MP = 3PV$.

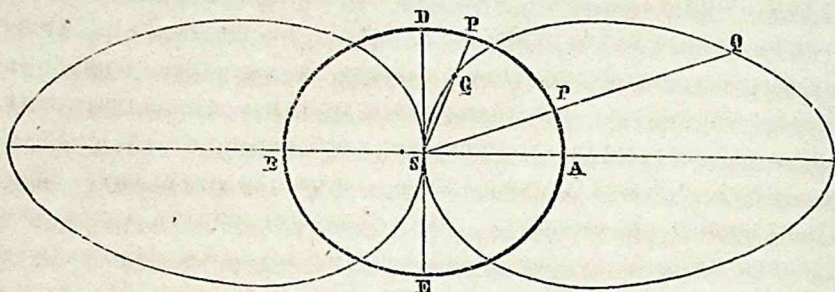
п отъ D до B, но замедляетъ его отъ A до D и отъ B до E; во 2-хъ, что касательная сила исчезаетъ въ четырехъ точкахъ A, D, E, B, и достигаетъ наибольшей величины въ нѣкоторыхъ промежуточныхъ точкахъ; въ 3-хъ, что нормальная сила направлена кнаружи въ сизигіяхъ A, B, и вовнутрь—въ D, E, и достигаетъ соответственно въ этихъ точкахъ своей наибольшей напряженности, въ томъ и въ другомъ направленіи; наконецъ, что эта сила уничтожается въ промежуточныхъ точкахъ между AD, DB, BE и EA, которыя, при значительномъ отдаленіи M, лежатъ ближе къ квадратурамъ, чѣмъ къ сизигіямъ.

719. Въ лунной теоріи, къ которой мы теперь приложимъ эти начала, какъ геометрическое, такъ и алгебраическое выраженіе возмущающихъ силъ можетъ быть значительно упрощено. По причинѣ большаго разстоянія Солнца M, изъ центра котораго уголъ, занимаемый радіусомъ лунной орбиты, никогда не кажется болѣе $8'$, можно считать NP (черт. § 718) параллельнымъ AB. DSE обращается въ прямую линію, совпадающую съ линіей квадратуръ, такъ что VP дѣлается косинусомъ угла ASP при радіусѣ SP, и $NL = NP \sin ASP$, $LP = NP \cos ASP$. Притомъ въ этомъ случаѣ (см. примѣчаніе къ предыдущему §) $NP = 3PV = 3SP \cos ASP$, и слѣдовательно $NL = 3SP \cos ASP \sin ASP = \frac{3}{2} SP \sin 2ASP$, и $LS = SP (3 \cos^2 ASP - 1) = \frac{1}{2} SP (1 + 3 \cos 2ASP)$, что обращается въ нуль, когда $\cos^2 ASP = \frac{1}{3}$,

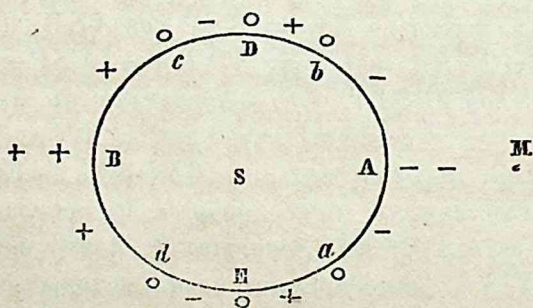
или на разстояніи отъ сизигіи въ $64^\circ 14'$. Если положимъ, что чрезъ каждую точку орбиты P проведены линіи $SQ = 3SP \cos^2 ASP$, то Q опишетъ, какъ показано на чертежѣ слѣд. §, родъ яйцеобразнаго овала, который пересѣчетъ орбиту въ четырехъ точкахъ, отстоящихъ соответственно отъ A и B на $64^\circ 14'$, и PQ будетъ всегда представлять направленіе и величину нормальной силы, дѣйствующей въ P.

720. Здѣсь слѣдуетъ сдѣлать важное замѣчаніе, отъ котораго зависить вся теорія Луны и особенно теорія лун-

ныхъ апсидовъ: все дѣйствующія возмущающія силы, при одинаковомъ углѣ элонгаціи ASP Луны отъ Солнца, и при



равенствѣ прочихъ обстоятельствъ, пропорціональны разстоянію SP Луны отъ Земли, и слѣдовательно бываютъ болѣе, когда Луна находится близъ перигея, нежели когда она бываетъ около апогея, при чемъ крайнія величины относятся между собою какъ 28 : 25. Принявъ это, рассмотримъ сперва вліяніе нормальной силы на перемѣщеніе лунныхъ апсидовъ. Всего удобнѣе обозрѣть отдѣльно тѣ случаи; въ которыхъ эти вліянія бываютъ самыя противоположныя, т.-е.



когда большая ось лунной орбиты направлена къ Солнцу и перпендикулярна къ этому направленію. Положимъ сначала, что линіи апсидовъ направлены къ Солнцу, какъ въ прило-

женномъ чертежѣ, гдѣ А означаетъ мѣсто перигея, и возьмемъ дуги Aa , Ab , Bc , Bd , каждую $= 64^{\circ} 14'$. Когда Р находится между a и b , тогда нормальная сила дѣйствуетъ вовнутрь, и такъ какъ здѣсь Луна близка къ перигею, то (§ 714) апсиды отступаютъ; но когда Луна бываетъ между c и d , тогда сила дѣйствуетъ кнаружи, а Луна близка къ апогею, и апсиды подвигаются впередъ. Скорость этихъ движеній бываетъ соответственно наибольшая въ А и В, не только потому, что возмущающія силы пріобрѣтаютъ здѣсь наибольшую напряженность, но и потому, что въ этихъ точкахъ онѣ дѣйствуютъ самымъ благопріятнымъ образомъ на перемѣщеніе оси. При движеніи изъ А и В къ безразличнымъ точкамъ a , b , c , d , скорость прямого и обратнаго движенія апсидовъ уменьшается, и обращается въ нуль (апсиды останавливаются), когда Р находится въ какой-либо изъ этихъ точекъ. Отъ b до D, или правильнѣе, до точки, лежащей нѣсколько далѣе D (§ 714), сила дѣйствуетъ вовнутрь, а Луна все еще пребываетъ близъ перигея, такъ что на всемъ протяженіи этой дуги орбиты апсиды подвигаются впередъ. Но движеніе ихъ медленно, потому что въ началѣ этой дуги нормальная сила незначительна, а съ приближеніемъ Р къ D, когда сила возрастаетъ, она дѣйствуетъ невыгодно на движеніе оси, и ея вліяніе совершенно уничтожается, когда Р переходитъ за D, на конецъ перпендикуляра, проходящаго черезъ верхній фокусъ лунной орбиты. Отсюда до С медленное движеніе впередъ дѣлается обратнымъ и переходитъ въ отступленіе, ибо сила дѣйствуетъ вовнутрь, а Луна находится близъ апогея. То же самое бываетъ на дугахъ dE . Ea . На чертежѣ быстрое движеніе впередъ означено знаками $+$ $+$, быстрое отступленіе знаками $-$ $-$, медленное движеніе впередъ или назадъ знаками $+$ и $-$, а точки стоянія $\bigcirc$. Еслибы силы на сторонѣ $+$ и $-$ были равны, то очевидно, что отступленіе и движеніе впередъ совершенно уравнивались бы взаимно въ продолженіе полнаго обращенія. Но не такъ бываетъ въ природѣ. Въ апогеѣ сила болѣе чѣмъ въ перигеѣ въ отношеніи 28 : 25, а въ ква-

дратурахъ D и E обѣ силы между собою равны. Поэтому, между тѣмъ какъ слабыя движенія $+$ и $-$ почти совершенно уничтожаютъ другъ друга въ сосѣдствѣ этихъ точекъ, все еще остается значительный перевѣсъ на сторонѣ прямого движенія, при такомъ положеніи линіи апсидовъ.

721. Положимъ теперь, что апогей находится въ A, а перигей въ B. Въ такомъ случаѣ все заключенія предшествовавшихъ разсужденій, касательно движенія апсидовъ, очевидно, извращаются отъ замѣны слова апогей словомъ перигей, и наоборотъ, и на чертежѣ нужно перемѣнить все знаки. Тогда самыя могущественныя силы дѣйствуютъ на сторонѣ A, то-есть, какъ и прежде, въ пользу прямого движенія, ибо это условіе также извращается. Итакъ, какъ въ томъ, такъ и въ другомъ положеніи орбиты, апсиды подвигаются впередъ.

722. Третій случай. Положимъ, что большая ось имѣетъ положеніе DE, а перигей находится на сторонѣ D. Во время движенія P по дугѣ bc нормальная сила дѣйствуетъ вовнутрь, а Луна бываетъ близъ перигея, слѣдовательно апсиды подвигаются впередъ, но довольно медленно, потому что наибольшая величина нормальной силы, направленной вовнутрь, вдвое менѣе той же силы, направленной кнаружи. На дугахъ Ab и cB Луна еще ближе къ перигею, а сила дѣйствуетъ кнаружи; однако, хотя около точекъ A и B вліяніе ея и могущественно, но обстоятельства становятся все болѣе и болѣе невыгодными (§ 714). Поэтому, на протяженіи означенныхъ дугъ апсиды отступаютъ, но медленно. Въ aA и Bd , около апогея, они снова движутся впередъ съ умѣренной скоростію. Наконецъ на дугѣ da , около апогея, сила дѣйствуетъ вовнутрь и апсиды отступаютъ. Здѣсь, также какъ и прежде, еслибы силы въ перигей и въ апогей были равны, то движеніе впередъ уравнивалось бы отступленіемъ назадъ; но въ дѣйствительности силы въ апогей преобладаютъ, и потому, въ цѣлое обращеніе, перевѣсъ падаетъ на сторону отступленія. Само собою разумѣется, что это разсужденіе имѣетъ мѣсто и тогда, когда

перигей находится около Е. Но между этими случаями и случаями, объясненными въ предыдущихъ параграфахъ, есть разница, а именно: въ первыхъ преобладающее вліяніе происходитъ отъ направленного вовнутрь дѣйствія возмущающихъ силъ въ квадратурахъ, между тѣмъ какъ въ послѣднихъ оно зависитъ отъ вдвое-большаго дѣйствія этихъ силъ, направленныхъ кнаружи въ сизигіяхъ. Поэтому, отступленіе апсидовъ въ квадратурахъ, вслѣдствіе дѣйствія нормальной силы, менѣе ихъ движенія впередъ въ сизигіяхъ, чему способствуетъ еще то обстоятельство, что дуги bc и da , отъ которыхъ въ первомъ случаѣ преимущественно зависитъ перевѣсъ, гораздо менѣе нежели дуги ab и cd , соответствующія главному вліянію въ другомъ случаѣ.

723. Въ промежуточныхъ направленіяхъ линіи апсидовъ вліяніе оказывается среднее, и она необходимо должна приходить въ такое положеніе, при которомъ, въ продолженіе полного обращенія, апсиды, говоря вообще, пребываютъ неподвижны. Не трудно усмотрѣть, что такое положеніе линіи апсидовъ ближе къ линіи квадратуръ, нежели къ линіи сизигій, что при всевозможныхъ положеніяхъ этихъ линій перевѣсъ въ пользу прямого движенія имѣетъ мѣсто на гораздо-обширнѣйшей дугѣ, чѣмъ перевѣсъ въ пользу отступленія. Итакъ, во всякомъ случаѣ, дѣйствіе нормально, силы побуждаетъ лунныя апсиды къ движенію впередъ, въ теченіе *полнаго обращенія* M , или синодическаго года; въ продолженіе этого времени движеніе Солнца вокругъ Земли (мы принимаемъ, что послѣдняя пребываетъ въ покоѣ) приводитъ линію сизигій во всевозможныя положенія относительно линіи апсидовъ.

724. Разсмотримъ теперь дѣйствіе касательной силы. Положимъ какъ и прежде (1-й случай), что перигей Луны находится въ A , и что она обращается въ направленіи $ADBE$; тогда касательная сила *замедляетъ* ея движенія въ квадрантѣ AD , на протяженіи котораго она *удаляется* отъ S , а потому, на основаніи § 713, апсиды отступаютъ. На

дугѣ DB сила *ускоряетъ* движеніе, между тѣмъ какъ Луна по прежнему *удаляется* отъ S , а потому апсиды *подвигаются* впередъ. Въ квадрантѣ BE сила замедляетъ движеніе, а Луна *приближается* къ S , и потому апсиды *продолжаютъ* двигаться впередъ. Наконецъ, въ квадрантѣ EA сила *ускоряетъ* движеніе, а Луна *приближается* къ S , и потому апсиды *отстаютъ*. Итакъ отъ дѣйствія этой силы апсиды *отстаютъ*, когда Луна описываетъ дугу EAD , и *подвигаются* впередъ, когда она описываетъ дугу DBE ; но какъ касательная сила, подобно нормальной силѣ, дѣйствуетъ съ бѣльшею напряженностію въ апогеѣ, то послѣднее движеніе *превозмощаетъ* первое, и вообще, въ продолженіе полнаго обращенія, апсиды *подвигаются* впередъ.

725. (2-й случай.) Если перигей находится въ B , то въ предшествовавшемъ разсужденіи нужно замѣнить приближеніе къ S удаленіемъ отъ S , и наоборотъ; но ускоренія и замедленія остаются прежнія. Поэтому, относительно направленія, результаты въ каждомъ квадрантѣ *извращаются*, и линія апсидовъ на дугѣ EAD *подвигается* впередъ, а на дугѣ DBE *отстаетъ* назадъ. Но такъ какъ апогей также принимаетъ превратное положеніе, то преобладаніе остается на сторонѣ дуги EAD , то-есть движенія впередъ.

726. (3-й случай.) Аpsиды находятся въ квадратурахъ, а перигей близъ D . На квадрантѣ AD , разстояніе отъ S *уменьшается*, а движеніе *замедляется*, и потому апсиды *подвигаются* впередъ. На DB это разстояніе *увеличивается*, а движеніе *ускоряется* и апсиды также *подвигаются* впередъ; на BE разстояніе *увеличивается*, а движеніе *замедляется*, и апсиды *отстаютъ*; наконецъ на EA , разстояніе *уменьшается*, а движеніе *ускоряется*, отчего апсиды, по прежнему, *отстаютъ*. Отсюда слѣдующій общій результатъ: въ полуобращеніе ADB апсиды *подвигаются* впередъ, а въ полуобращеніе BEA *отстаютъ* назадъ; но какъ силы, дѣйствующія въ послѣднемъ случаѣ, имѣютъ бѣльшую напряженность, то отступленіе, очевидно, *превозмощаетъ*. Таковъ же результатъ, когда перигей находится въ E .

727. До сихъ поръ въ нашихъ разсужденіяхъ о дѣйствіяхъ силъ касательной и нормальной сохранилась полная аналогія. Но здѣсь начинается различіе. Отступленіе апсидовъ въ квадратурахъ не происходитъ, въ разсматриваемомъ случаѣ, отъ преобладанія слабыхъ силъ надъ силами еще слабѣйшими, тогда какъ въ сизигіяхъ оно зависитъ отъ преобладанія значительныхъ силъ надъ силами также значительными. Наибольшее ускорительное дѣйствіе касательной силы равняется ея наибольшему замедляющему дѣйствію, между тѣмъ какъ наибольшее направленное вовнутрь дѣйствіе нормальной силы составляетъ только половину наибольшаго дѣйствія той же силы, направленной кнаружи. Притомъ здѣсь нѣтъ такой разницы въ протяженіи дугъ, на пространствѣ которыхъ одерживается перевѣсъ, какъ въ другомъ случаѣ; ибо дѣйствіе касательной силы бываетъ поочередно направлено вовнутрь и кнаружи на протяженіи равныхъ дугъ, въ четверть окружности каждая. Поэтому, хотя при изслѣдованіи дѣйствія нормальной силы мы имѣли поводъ заключить, что оно гораздо могущественнѣе побуждаетъ апсиды къ прямому движенію, когда послѣдніе бываютъ въ сизигіяхъ, нежели когда они бываютъ въ квадратурахъ, но мы не въ правѣ вывести подобное заключеніе относительно касательныхъ силъ; ибо касательная сила въ четырехъ квадрантахъ представляетъ *полную симметрію*, между тѣмъ какъ нормальная сила симметрична *только въ половину*, относительно обѣихъ полуокружностей.

728. Разсматривая въ совокупности много обращеній Солнца вокругъ Земли, въ продолженіе которыхъ первое принимаетъ всевозможныя положенія относительно линіи апсидовъ, мы видимъ, что дѣйствіе нормальной силы сообщаетъ апсидамъ быстрое движеніе впередъ въ сизигіяхъ, и менѣе быстрое отступленіе назадъ въ квадратурахъ, и слѣдовательно вообще приводитъ ихъ въ умѣренно-скорое движеніе впередъ, между тѣмъ какъ дѣйствіе касательной силы сообщаетъ равно быстрое движеніе впередъ въ сизигіяхъ и равно быстрое отступленіе назадъ въ квадратурахъ. Поэтому казалось бы, что

окончательно касательная сила не оказывает вліянія ни на увеличиваніе, ни на уменьшеніе *средняго движенія* апсидовъ, происходящаго отъ дѣйствія нормальной силы. Однако она имѣетъ здѣсь косвенное вліяніе, ибо дѣйствуетъ заодно съ косвеннымъ вліяніемъ нормальной силы и значительно ее увеличиваетъ, какъ мы сейчасъ то объяснимъ.

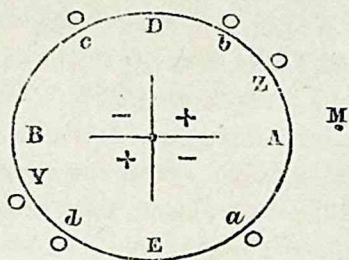
729. Солнце движется равномерно, или почти равномерно, въ одинаковомъ направленіи съ Р, и потому линія апсидовъ, подвигаясь впередъ въ сизигіяхъ и близь этихъ точекъ, слѣдуетъ за Солнцемъ, и слѣдовательно остается въ сосѣдствѣ сизигій долѣе, чѣмъ въ случаѣ, когда бъ она была неподвижна. Съ другой стороны, апсиды отступаютъ назадъ въ квадратурахъ, и двигаясь здѣсь въ противномъ направленіи съ Солнцемъ, остаются въ сосѣдствѣ квадратуръ менѣе времени, чѣмъ въ случаѣ, когда бъ они были неподвижны. Такимъ образомъ преобладающее движеніе впередъ еще болѣе усиливается отъ того, что продолжается долѣе, а отступление назадъ, и безъ того слабѣйшее, еще болѣе уменьшается отъ сокращенія времени, въ теченіе котораго оно совершается ⁽¹⁾. Каждая причина, непосредственно увеличивающая скорость движенія какъ впередъ, такъ и назадъ, *хотя и можетъ равно имѣть оба вліянія*, содѣйствуетъ этому косвенному процессу; и такимъ образомъ касательная сила становится дѣйствительною чрезъ посредство уже возникшаго прогрессивнаго движенія, содѣйствуя и помогая нормальной силѣ сдѣлать то, чего она одна не была бы въ состояніи произвестъ. Здѣсь представляется намъ примѣръ возмущенія, усиливающаго другое возмущеніе, и мы видимъ, что разумѣютъ геометры, когда они говорятъ, что значительная часть движенія лунныхъ апсидовъ зависитъ отъ квадрата возмущающей силы, или, другими словами, возникаетъ изъ втораго приближенія, въ которомъ принято въ расчетъ обнаруженное первымъ приближеніемъ измѣненіе данныхъ задачи.

(1) Ньютонъ, *Principia* I, 66. Cor. 8.

730. Любопытное и сложное вліяніе возмущенія, описаннаго въ послѣднемъ параграфѣ, доставило геометрамъ болѣе затрудненій, чѣмъ всѣ прочія части теоріи Луны. Ньютонъ объяснилъ ту часть движенія, которая зависитъ отъ прямого дѣйствія силы, направленной по радіусу, но замѣтивъ, что величина ея составляетъ лишь половину величины, показываемой наблюденіями, онъ, кажется, отчаялся въ успѣхѣ и покинулъ этотъ предметъ. Послѣдователи его долгое время имѣли не болѣе удачи въ этомъ изслѣдованіи. Результаты Ньютона, казалось, были совершенно вѣрны, и безуспѣшность самыхъ тщательныхъ изысканій внушала сильное сомнѣніе въ возможности объяснить эти явленія луннаго движенія на основаніи Ньютонова закона тяготѣнія. Но сомнѣніе было разсѣяно почти въ самомъ началѣ, тѣмъ же геометромъ, который распространилъ подобную мысль. Клеро достославно загладилъ свою кратковременную ошибку, доказавъ полное согласіе теоріи съ наблюденіями, когда принимается надлежащимъ образомъ въ расчетъ дѣйствіе касательной силы. Лунный синодъ обращается въ $3232^d, 575343$, или почти въ $9\frac{1}{3}$ лѣтъ.

731. Переходимъ къ изслѣдованію вліянія разложенной такимъ образомъ возмущающей силы на эксцентриситетъ лунной орбиты. Предыдущіе параграфы уже достаточно познакомили читателя съ нашимъ способомъ разсматривать измѣненія въ различныхъ положеніяхъ орбиты, и потому мы начнемъ прямо съ болѣе-общаго случая, и допустимъ, что линія аспидовъ занимаетъ относительно Солнца какое-нибудь положеніе ZY , а перигей находится въ какой-нибудь точкѣ Z , между нижнею сизигіей и слѣдующею за нею квадратурой, въ направленіи $ADBE$ движенія P . Начнемъ съ нормальной силы. Мгновенное измѣненіе эксцентриситета обращается въ нуль въ точкахъ a, b, c, d , отъ уничтоженія самой силы, а въ точкахъ Z и Y — отъ вліянія положенія на орбитѣ, уничтожающаго ея дѣйствія (§ 714). Поэтому, на дугахъ Zb и Yd измѣненіе эксцентриситета будетъ незначительно, ибо на всемъ ихъ протяженіи дѣйству-

ющая сила не приобретает ни большой величины, ни выгоднаго положенія. Хотя въ предѣлахъ этихъ двухъ дугъ сила сохраняетъ одинаковый характеръ, дѣйствуя вовнутрь и кнаружи, но такъ какъ ея вліянія противоположны, потому что на одной дугѣ Р приближается къ

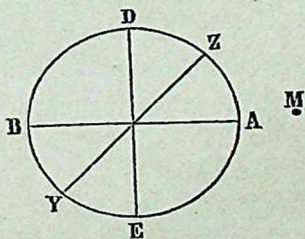


S, а на другой удаляется отъ него; то ясно, что, на сколько то зависить отъ этихъ дугъ, вліянія почти вполнѣ взаимно вознаграждаютъ другъ друга, и что нѣсколько болѣе сильное дѣйствіе на дугѣ Yd, около апогея, оказываетъ мало вліянія въ совокупности цѣлаго обращенія.

732. Дуги bDc и dEa гораздо менѣе четверти окружности, и сила, дѣйствующая на протяженіи ихъ кнаружи (которой наибольшая величина въ D и E составляетъ только половину силы, направленной вовнутрь въ A и B), быстро ослабѣваетъ въ своей напряженности съ приближеніемъ къ каждой изъ спизигій (см. § 719). Поэтому, гдѣ бы ни находилось Z на bc или AD, вліяніе силы въ пространствѣ этихъ дугъ не возбудитъ весьма значительныхъ измѣненій въ эксцентрицитетѣ, и перемѣны, вызванныя ею, будутъ, по вышеозначенной причинѣ, противоположны другъ другу. Хотя ad отстоитъ отъ перигея далѣе чѣмъ bc, отчего сила возрастаетъ, тѣмъ не менѣе преобладающее вліяніе не будетъ очень замѣтно, и притомъ оно будетъ частію уничтожено небольшимъ преобладаніемъ на дугѣ Yd противоположнаго свойства, относительно Zb. Съ другой стороны, дуги aZ, cY обширнѣе чѣмъ каждая изъ остальныхъ дугъ, и на нихъ обнаруживается дѣйствіе силъ, вдвое могущественнѣйшихъ. Вслѣдствіе чего ихъ вліяніе получаетъ большую важность, и отъ ихъ преобладанія одной надъ другою (такъ какъ по вліянію онѣ между собою противоположны) будетъ зависѣть рѣшеніе вопроса, увеличивается ли, или уменьшается

эксцентриситетъ въ совокупности полнаго обращенія. Очевидно, что результатъ долженъ быть въ пользу дуги cY , лежащей около апогея; а такъ какъ здѣсь сила направлена кнаружи, а Луна удаляется отъ Земли, то отъ ея вліянія эксцентриситетъ *увеличивается*. Сходное разсужденіе, очевидно, должно привести къ тому же заключенію и тогда, когда апогей и перигей мѣняются мѣстами; ибо хотя направленіе движенія P , относительно приближенія къ S и удаленія отъ S , и принимаетъ тогда превратный видъ, но въ то же время преобладающія силы переходятъ на другую сторону, и свойство результата зависитъ тогда отъ дуги aAZ . Но если Z помѣщается между A и E , то читателю не трудно увѣриться, что въ этомъ случаѣ дѣло совершается совершенно иначе, и выводится противное заключеніе. Итакъ перемѣны эксцентриситета, возникающія въ совокупности полнаго обращенія отъ вліянія нормальной силы, выразятся знаками $+$ и $-$, какъ они показаны на чертежѣ.

733. Разсмотримъ теперь вліяніе касательной силы. Она замедляетъ движеніе P на четвертяхъ окружности AD , BE , и ускоряетъ его на остальныхъ. Поэтому во всемъ квадрантѣ AD свойство вліянія одинаково, ибо отъ каждой его точки перигей отстоитъ меньше чѣмъ на 90° , и противоположно на всемъ протяженіи квадранта BE , ибо здѣсь въ такомъ же положеніи находится апогей (§ 713). Притомъ, посреди каждого квадранта касательная сила пріобрѣтаетъ наибольшую величину. Въ остальныхъ квадрантахъ EA и BD сосѣдство съ перигеемъ мѣняется на сосѣдство съ апогеемъ, и вліяніе касательной силы, сколь бы она ни была значительна, уничтожается вслѣдствіе положенія (§ 713), что и сбывается болѣе или менѣе близко въ тѣхъ точкахъ, гдѣ сила достигаетъ наибольш-



шей величины. Такимъ образомъ эти квадранты имѣютъ гораздо менѣе вліянія на полный результатъ, котораго свойство зависить отъ преобладающаго вліянія въ одномъ изъ прежнихъ квадрантовъ, и склоняется на сторону того изъ нихъ, который заключаетъ въ себѣ апогей. Въ квадрантѣ ВЕ сила *замедляетъ* Луну, и Луна находится близъ апогея; слѣдовательно эксцентриситетъ увеличивается. Поэтому, при подобномъ положеніи апогея, *таковъ* бываетъ и средній результатъ въ полное обращеніе Луны. Равнымъ образомъ и здѣсь, когда перигей и апогей перемѣнились мѣстами, вмѣстѣ съ тѣмъ мѣняется свойство частнаго вліянія одной дуги на свойство вліянія другой. Но въ такомъ случаѣ будетъ преобладать вліяніе уже не DE, но AD, такъ что при подобномъ двойномъ извращеніи условій результатъ выходитъ тождественный. Наконецъ, не трудно такимъ же образомъ показать, что когда апсиды находятся на дугахъ AE, BD, тогда въ полное обращеніе эксцентриситетъ вообще уменьшается.

734. Отсюда явствуетъ, что въ измѣненіи эксцентриситета, точно также какъ и въ движеніи линіи апсидовъ, прямое вліяніе касательной силы содѣйствуетъ вліянію нормальной силы, и стремится увеличить уклоненія отъ средней величины въ ту и въ другую сторону, возникающія вслѣдствіе разнообразныхъ положеній Солнца относительно апсидовъ, и имѣющія періодомъ синодическое обращеніе Солнца и апсида. Положимъ, что Солнце и апсидъ выходятъ вмѣстѣ изъ одной точки; Солнце обгонитъ апсидъ, обращающійся въ девять лѣтъ, и въ продолженіе ($\frac{1}{4} + \frac{1}{32}$) части года опередитъ его на 90° : въ теченіи всего этого времени апсидъ будетъ находиться въ квадрантѣ AE нашего чертежа, а эксцентриситетъ будетъ непрерывно уменьшаться. Потомъ уменьшеніе прекращается, но самый эксцентриситетъ принимаетъ наименьшую величину, ибо Солнце приходитъ въ перпендикулярное положеніе относительно линіи апсидовъ. Далѣе эксцентриситетъ увеличивается, и достигаетъ опять наибольшей величины, когда Солнце, описавъ еще 90° , возвращается снова на линію апсидовъ, и такъ далѣе, поочередно. Дѣй-

ствительное вліяніе на числовую величину луннаго эксцентрититета весьма значительно, ибо эксцентрититеты наибольшей и наименьшей относятся между собою какъ 3 : 2 ⁽¹⁾.

735. Движеніе апсидовъ лунной орбиты можно представить прекраснымъ механическимъ опытомъ, поучительнымъ еще и потому, что онъ даетъ собою понятіе о томъ, какимъ образомъ совершается движеніе по орбитѣ подѣ вліяніемъ центральныхъ силъ, измѣняющихся сообразно съ положеніемъ обращающагося тѣла. На мѣдной или желѣзной проволоки, повѣсимъ свинцовую гирьку за крючокъ, придрѣланный къ нижней сторонѣ твердаго рычага, такъ чтобы гирька могла двигаться свободно во все стороны вертикальной линіи, а въ состояніи покоя едва касалась пола или стола, поставленнаго на десять или на двѣнадцать футовъ ниже крючка. Точка прикрѣпленія не должна подаваться ни въ ту, ни въ другую сторону при качаніяхъ гирьки, которая должна натягивать проволоку какъ можно крѣпче, такъ чтобы она только не порвалась. Сообщимъ гирькѣ слабое движеніе; для этого не только выведемъ ее изъ вертикальной линіи и предоставимъ ей падать свободно, но придадимъ еще ей легкой боковой толчокъ. Гирька станетъ описывать правильный эллипсисъ вокругъ своей точки покоя какъ центра. Если гирька тяжела и къ ней привязанъ карандашъ, котораго остріе лежитъ совершенно въ направленіи проволоки, то она начертитъ этотъ эллипсисъ на листѣ подложенной и слегка нажимаемой къ карандашу бумаги. При такихъ условіяхъ, положеніе большой и малой оси эллипсиса остается долго одинаково, хотя сопротивление воздуха и негибкость проволоки постепенно уменьшаютъ размѣры и эксцентрититетъ этой кривой. Но если приданный толчокъ будетъ значителенъ и отодвинетъ гирьку отъ вертикальной линіи на большой уголъ, напримѣръ на 15° или 20° , то неизмѣнность положенія эллипсиса нарушается. Его ось при каждомъ обращеніи гирьки поворачивается въ своемъ положеніи, подвигается равномерно и правльно въ направ-

(1) Эйри, *On Gravitation*, стр. 106.

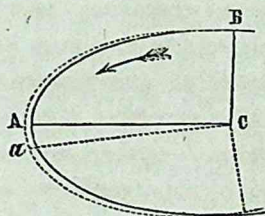
леніи ся движенія, такъ что наконецъ мѣсто этой оси пзвращается и самыя длинныя отклоненія дѣлаются тамъ, гдѣ были прежде самыя короткія, и такъ далѣе, покуда ось не обойдетъ всей окружности. Словомъ, мы увидимъ наглядное и совершенное подражаніе движенію апсидовъ лунной орбиты.

736. Не трудно открыть причину такого прогрессивнаго движенія апсидовъ. Когда гирька, висящая на проволоцѣ, отводится въ сторону отъ вертикальной линіи, то къ низшей точкѣ (или правильнѣе, въ направленіи ежемгновенно перпендикулярномъ къ проволоцѣ) ее влечетъ сила, измѣняющаяся пропорціонально уклоненію проволоки отъ перпендикуляра. Синусы очень малыхъ дугъ близко пропорціональны самымъ дугамъ, и тѣмъ ближе, чѣмъ менѣе дуги. Поэтому, если уклоненіе отъ вертикальной линіи такъ незначительно, что можно пренебречь кривизну сферической поверхности, по которой движется гирька, и принять, что описываемая кривая совпадаетъ съ своимъ проложеніемъ на горизонтальную плоскость, то гирька движется при тѣхъ же условіяхъ, какъ и обращающееся тѣло, притягиваемое къ центру силой, прямо пропорціональною разстоянію; въ такомъ случаѣ описываемая кривая есть эллипсисъ, котораго центръ притяженія находится не въ фокусѣ, но въ центрѣ (¹), и апсиды этого эллипсиса неподвижны. Но если уклоненія гирьки отъ вертикальной линіи значительны, то сила, побуждающая ее къ центру, отступаетъ отъ закона простой пропорціональности разстояніямъ: она дѣлается пропорціональною *синусу*, между тѣмъ какъ разстоянія пропорціональны *дугѣ*. Синусъ хотя и увеличивается вмѣстѣ съ увеличиваніемъ дуги, но возрастаетъ не такъ быстро. Коль скоро дуга становится ощутительною, синусъ дѣлается нѣсколько менѣе сравнительно съ величиною, соотвѣтствующею точной числовой пропорціональности, а по тому самому сила, побуждающая гирьку къ центру, или къ точкѣ покоя, на значительныхъ разстояніяхъ, дѣлается нѣсколько менѣе силы, необходимой для удержанія

(¹) Ньютонъ, *Principia*, I, 47.

тѣла на точной эллиптической орбитѣ. Поэтому, на такихъ большихъ разстояніяхъ сила утрачиваетъ свою власть надъ тѣломъ, и, *соразмѣрно скорости*, не въ состояніи отклонить его отъ прямолинейнаго, касательнаго къ эллипсису направленія. Описываемый гирькою путь будетъ имѣть тогда въ *дальнихъ точкахъ меньшую кривизну*, нежели того требуетъ фигура эллипсиса, какъ показано на чертежѣ, и слѣдовательно направленіе ея движенія не такъ скоро сдѣлается снова перпендикулярнымъ къ радіусу. На это потребуется болѣе продолжительное дѣйствіе центральной силы, и прежде нежели это случится, пройдетъ болѣе четверти углового обращенія около центра.

Мы только рассказали пространнѣе то, что проще и короче выражается словами: *апсиды орбиты движутся впередъ*. Мы имѣли въ виду лишь указать объясненіе, представляемое обыкновеннымъ опытомъ. Описанный опытъ не есть



совершенное подобіе того, что происходитъ въ лунной орбитѣ, ибо здѣсь возмущающая сила дѣйствуетъ просто по радіусу, между тѣмъ какъ въ лунной орбитѣ имѣетъ еще вліяніе поперечная сила; но еслибы дѣло было и не такъ, тѣмъ не менѣе, изъ подобнаго разсмотрѣнія кривизны возмущаемой орбиты, мы получили бы неясное и неопредѣленное понятіе о движеніи апсидовъ. Для ясности понятія слѣдовало бы опредѣлить оба фокуса мгновеннаго эллипсиса, на основаніи законовъ эллиптическаго движенія, подъ вліяніемъ силы, прямо пропорціональной разстоянію, и разложивъ возмущающую силу по радіусу на ея союзныя, по касательной и нормали, вывести мгновенное дѣйствіе каждой изъ нихъ на измѣненія въ положеніи фокусовъ, а слѣдовательно и на направленіе и длину осей эллипсиса. Руководствуясь такими началами, читателю будетъ не трудно и не бесполезно огорчить это изслѣдованіе, которому мы здѣсь не можемъ уделить мѣста.

737. Теорія движенія апсидовъ планетъ и измѣненія ихъ эксцентрицитетовъ, съ одной стороны, гораздо проще, а съ другой—гораздо сложнѣе, чѣмъ соотвѣтствующая теорія Луны. Она проще, потому что, влѣдствіе чрезмѣрно малой величины перемѣнъ въ теченіе одного обращенія, угловое положеніе тѣла относительно линіи апсидовъ измѣняется очень мало отъ движенія самыхъ апсидовъ. Линія апсидовъ слѣдуетъ за возмущающимъ тѣломъ, во время своего движенія впередъ, и отступаетъ отъ него, во время своего движенія назадъ, на столь-ничтожное пространство, что не можетъ замѣтнымъ образомъ ни продолжитъ фазы ихъ сближенія, ни сократить фазы ихъ удаленія. Поэтому, второе приближеніе, подобное объясненному въ § 729, которое имѣетъ такое большое вліяніе на движеніе лунныхъ апсидовъ, что увеличиваетъ его почти вдвое, совершенно бесполезно въ теоріи планетъ. Съ другой стороны, послѣдняя теорія дѣлается гораздо сложнѣе,—по крайней мѣрѣ для тѣхъ планетъ, для которыхъ отношеніе періодовъ обращенія гораздо менѣе отношенія 13 : 1,—потому что возмущающее тѣло измѣняетъ свое положеніе относительно линіи апсидовъ, въ одно обращеніе возмущаемаго тѣла, на гораздо-большую угловую величину, нежели въ случаѣ Луны. Для послѣдней, при объясненіи, мы могли, не дѣлая слишкомъ грубой ошибки, допустить, что Солнце неподвижно въ продолженіи одного луннаго обращенія. Но для планетъ, которыхъ періоды обращенія имѣютъ между собою гораздо меньшее отношеніе, такъ поступить нельзя. Такъ напримѣръ въ случаѣ возмущенія Юпитера Сатурномъ, въ одно звѣздное обращеніе Юпитера, Сатурнъ подвигается относительно линіи апсидовъ Юпитера болѣе чѣмъ на 140° , а такая перемѣна въ направленіи совершенно измѣняетъ условія дѣйствія возмущающихъ силъ. Въ случаѣ же возмущенія внѣшней планеты внутреннею, положеніе послѣдней относительно линіи апсидовъ измѣняется еще быстрѣе, чѣмъ положеніе внѣшней, или возмущаемой планеты относительно центрального тѣла. Къ такимъ случаямъ наши прежнія разсужденія о лунныхъ возмущеніяхъ совершенно неприменимы,

и если мы примемъ еще въ соображеніе эксцентрицитетъ орбиты возмущающаго тѣла, который въ самыхъ важныхъ случаяхъ имѣетъ чрезвычайно значительное вліяніе, то предметъ становится слишкомъ сложнымъ для объясненія на словахъ, и можетъ быть излагаемъ успѣшно не иначе, какъ при помощи алгебраическихъ выраженій и интегральнаго исчисления. Впрочемъ для возмущеній Меркурія, Венеры и Земли Юпитеромъ и планетами верхними въ отношеніи къ Юпитеру, такое возраженіе противъ нашего разсужденія не имѣетъ мѣста; и въ каждомъ изъ этихъ случаевъ мы, слѣдовательно, въ правѣ заключить, что отъ вліянія всѣхъ большихъ планетъ нашей системы апсиды постоянно подвигаются впередъ. Противное вполнѣ возможно при нѣкоторыхъ условіяхъ касательно разстоянія, эксцентрицитета и относительнаго положенія осей орбитъ планетъ, возмущаемой и возмущающей, чему примѣръ представляетъ Венера, которой апсиды, отъ совокупнаго вліянія Земли и Меркурія, отступаютъ быстрѣе, чѣмъ они подвигаются впередъ отъ совместнаго дѣйствія всѣхъ прочихъ планетъ. При нѣкоторыхъ условіяхъ возможно даже, что линія апсидовъ, вмѣсто того чтобы обращаться постоянно въ одномъ направленіи, станетъ качаться взадъ и впередъ между извѣстными границами, въ опредѣленные и правильно возвращающіеся періоды времени.

738. Но каковы бы ни были условія касательно этихъ подробностей, предшествовавшее разсмотрѣніе предмета даетъ намъ возможность опредѣлить, въ каждое мгновеніе и въ каждую конфигурацію обѣихъ планетъ, мгновенное вліяніе каждой изъ нихъ на перигелій и на эксцентрицитетъ другой. Въ простѣйшемъ случаѣ, когда обѣ орбиты почти круглыя и относительное положеніе перигеліевъ не производитъ ощутительной разности въ напряженностяхъ возмущающихъ силъ, весьма не трудно доказать, что каковы бы ни были временныя колебанія въ ту и въ другую сторону въ положеніи линіи апсидовъ, и какимъ бы временнымъ увеличиваніямъ и уменьшеніямъ ни подвергался эксцентрицитетъ, — окончательный результатъ, по истеченіи множества обращеній, въ продолженіе

которых планеты перебивали относительно другъ-друга во всевозможныхъ конфигураціяхъ, будетъ *нуль*, для обоихъ элементовъ.

739. Чтобъ убѣдиться въ этомъ, достаточно взглянуть на синоптическую таблицу § 717. Когда возмущающее тѣло М приходитъ послѣдовательно въ двѣ діаметрально-противоположныя точки на своей орбитѣ, тогда въ одномъ изъ этихъ положеній афелій Р занимаетъ относительно М такое же мѣсто, какое занималъ перигелій въ другомъ. Если орбиты предполагаются почти круглыми, то распредѣленіе возмущающихъ силъ, какъ нормальной, такъ и касательной, симметрично относительно ихъ общаго діаметра, проходящаго чрезъ М, или линіи сизигій. Отсюда слѣдуетъ, что половина орбиты Р, лежащая *около перигелія* (§ 717), находится точно въ такомъ же соотношеніи со всѣми дѣйствующими силами въ одномъ положеніи М, въ какомъ соотношеніи половина орбиты, окружающая *афелію*, находится съ силами, дѣйствующими въ другомъ положеніи; далѣе, что половина орбиты, на которой Р *приближается къ S*, находится съ этими силами, въ одномъ положеніи М, точно въ такомъ же соотношеніи, въ какомъ она находится къ нимъ, въ другомъ положеніи, на половинѣ орбиты, въ которой Р *удаляется отъ S*. Поэтому, нормальная и касательная силы, условія движенія впередъ и отступленія назадъ апсидовъ, и увеличиванія и уменьшенія эксцентриситетовъ, въ обоихъ предположенныхъ случаяхъ дѣлаются обратными. Отсюда явствуется, что во всякомъ положеніи М, какое бы ни имѣло оно вліяніе на Р, это вліяніе уничтожается въ діаметрально-противоположныхъ положеніяхъ М и Р, и что такимъ образомъ вообще *средній* результатъ вліянія на апсиды и эксцентриситеты обращается въ нуль.

740. Если же орбиты имѣютъ эксцентриситетъ, то вышеозначенной симметріи въ распредѣленіи силъ не существуетъ. Но ясно, что при той умѣренной величинѣ эксцентриситетовъ, которую мы встрѣчаемъ въ планетныхъ

орбітахъ, більшая часть вліянія возмущаючихъ силъ сама собою уничтожається, якъ показано въ послѣднемъ §, и что только осталая часть, зависящая отъ меньшого разстоянія между орбітами въ одномъ мѣстѣ чѣмъ въ другомъ, стремится пропзвести непреходящее, или вѣковое дѣйствіе. Точная оцѣнка такихъ дѣйствій слишкомъ сложна и не можетъ быть здѣсь предложена; но мы постараемся дать хотя нѣкоторое понятіе о процессѣ ихъ происхожденія и порядкѣ ихъ возникновенія. Для этого необходимо разсмотрѣть отдѣльно дѣйствія силъ нормальной и касательной. Дѣйствія первой бывають самыя значительныя въ точкахъ соединенія планетъ, ибо здѣсь самая сила принимаетъ всегда наибольшую величину, и хотя въ то время, когда соединенія случаются на разстояніи 90° отъ линіи апсидовъ, вліяніе этой силы на движеніе апсидовъ уничтожається положеніемъ, а въ самой этой линіи уничтожається ея вліяніе на эксцентрицитеты, но за то въ другихъ положеніяхъ, перпендикулярныхъ къ этимъ, она дѣйствуетъ наиболѣе выгоднымъ для своего вліянія образомъ. Съ другой стороны, касательная сила исчезаетъ въ соединеніи, въ какомъ бы мѣстѣ относительно линіи апсидовъ оно ни происходило, а тамъ, гдѣ ея вліяніе наибольшее, она можетъ уничтожиться вслѣдствіе положенія. Такимъ образомъ обнаруживается, что нормальная сила наиболѣе дѣйствительна, и что отъ нея преимущественно зависить характеръ общаго вліянія. Поэтому самое вліятельное дѣйствіе происходитъ въ соединеніи, и слѣдовательно, въ долгій періодъ времени, характеръ общаго вліянія зависить отъ тѣхъ соединеній, которыя случаются въ самомъ близкомъ разстояніи орбітъ другъ отъ друга. Точки наибольшаго сближенія двухъ эллипсисовъ, имѣющихъ общій фокусъ, могутъ находиться въ весьма-различномъ положеніи относительно перигелія каждаго изъ нихъ. Онѣ могутъ совпадать съ перигелиемъ или съ афелиемъ возмущаемой орбіты, и занимать всякое промежуточное положеніе. Допустимъ, что наибольшее сближеніе случается въ перигеліѣ. Тогда, если возмущаемая орбіта будетъ *внутренняя* относительно воз-

мушающей, сила дѣйствуетъ кнаружи, и слѣдовательно апсиды отступаютъ; а если возмущаемая орбита будетъ *наружная*, то сила дѣйствуетъ вовнутрь, и апсиды подвигаются впередъ. Въ обоихъ случаяхъ эксцентриситетъ не измѣняется. Если соединеніе случается въ афеліѣ возмущаемой орбиты, то дѣйствіе выходитъ обратное. Въ промежуточныхъ точкахъ вліяніе на апсиды уменьшается, а на эксцентриситетъ увеличивается.

741. Еслибы существовали только двѣ планеты, то этотъ процессъ продолжался бы до тѣхъ поръ, пока апсиды и эксцентриситеты измѣнились бы въ такой степени, что перемѣстилась бы самая точка наибольшаго сближенія орбитъ, и произошло бы ускореніе или замедленіе, и можетъ-быть извращеніе движенія орбитъ, а измѣненія эксцентриситета пріобрѣли бы соотвѣтствующій періодическій характеръ. Но взаимно возмущающихъ другъ-друга планетъ много. Отсюда возникаютъ весьма сложныя измѣненія въ положеніи точекъ наибольшаго сближенія орбитъ, разсматриваемыхъ попарно.

742. Читатель, внимательно слѣдившій за вышеизложенными умозаключеніями, не могъ не замѣтить тѣсной связи между обоими родами соотношеній, а именно между наклоненіями и узлами, съ одной стороны, и эксцентриситетами и апсидами съ другой. Въ сущности, строгія геометрическія теоріи обоихъ случаевъ представляютъ близкія соотношенія, и приводятъ къ окончательнымъ результатамъ одинаковаго свойства. Измѣненіе эксцентриситета имѣетъ для движенія перигелія такое же значеніе, какое имѣетъ измѣненіе наклоненія для движенія узловъ. Въ обоихъ случаяхъ періодъ одной перемѣны есть вмѣстѣ и періодъ другой перемѣны; въ то время какъ перигеліи описываютъ значительные углы, качаясь взадъ и впередъ, или обращаются въ огромные періоды по всей окружности, эксцентриситеты увеличиваются и уменьшаются, сравнительно, очень немного, и наконецъ возвращаются къ своимъ первоначальнымъ величинамъ. Въ лунной орбитѣ, подобно тому какъ быстрое обращеніе узловъ препятствуетъ сколько-нибудь значительному накопленію

измѣненій въ наклоненіи, такъ еще болѣе быстрое обращеніе апогея служитъ причиною скорого вознагражденія измѣненій въ эксцентриситетѣ, и не допускаетъ ихъ достигнуть сколько-нибудь значительной величины. Вмѣстѣ съ тѣмъ тѣ же причины выставляютъ лунную орбиту, въ *скоротечной послѣдовательности*, во всевозможныхъ положеніяхъ, вліянію всѣхъ возмущающихъ силъ, Солнца, планетъ и вещественнаго придатка подъ земнымъ экваторомъ, и тѣмъ самымъ препятствуютъ вѣковому накопленію небольшихъ измѣненій, которыя, въ теченіе столѣтій, могли бы существенно увеличить или уменьшить ея эксцентриситетъ. Сообразно съ этимъ, наблюденія показываютъ, что *средній* эксцентриситетъ лунной орбиты имѣетъ теперь такую же величину, какъ и въ древнѣйшія времена астрономіи.

743. Движенія перигелія и измѣненія эксцентриситета въ планетныхъ орбитахъ имѣютъ тѣсную между собою связь и взаимно осложняютъ другъ друга такимъ же образомъ, и подчинены почти такимъ же законамъ, какъ измѣненія ихъ узловъ и наклоненій. Всякое измѣненіе дѣйствуетъ на всѣ другія измѣненія; каждое подобное взаимодействіе условливаетъ особый, ему свойственный періодъ вознагражденія или компенсаціи, и каждый подобный періодъ, сообразно съ началомъ § 693, распространяется на всю систему. Отсюда возникаютъ сложные циклы. Чтобы получить нѣкоторое понятіе объ ихъ продолжительности, остановимся на длинѣ подобнаго періода для двухъ главныхъ планетъ—Юпитера и Сатурна. Опустивъ вліяніе всѣхъ остальныхъ тѣлъ системы, находимъ, что взаимное притяженіе этихъ планетъ производитъ вѣковое измѣненіе въ эксцентриситетѣ орбиты Сатурна, отъ *наибольшей* величины 0,08409 до наименьшей 0,01345, между тѣмъ какъ эксцентриситетъ орбиты Юпитера измѣняется въ тѣсныхъ предѣлахъ, отъ 0,06036 до 0,02606 : наибольшій эксцентриситетъ Юпитера соотвѣтствуетъ наименьшему эксцентриситету Сатурна, и обратно. Періодъ, въ который совершаются всѣ эти измѣненія, продолжается 70414 лѣтъ. По этому примѣру не трудно усмотрѣть, что многіе милліоны лѣтъ должны пройти

до заключенія полного составнаго цикла, по истеченіи котораго возстановляется первоначальное состояніе системы. въ отношеніи эксцентрицитетовъ орбитъ.

744. Положеніе перигелія орбиты оказываетъ мало вліяніе на благосостояніе планеты, но эксцентрицитетъ имѣетъ въ этомъ отношеніи весьма важное значеніе, ибо (такъ какъ оси орбитъ неизмѣнны) отъ него зависитъ средняя температура на ея поверхности и крайнія перемѣны временъ года. Не трудно доказать, что *среднее годовое количество* тепла и свѣта, получаемаго планетою отъ Солнца, при равенствѣ прочихъ условій, пропорціонально малой оси описываемаго ею эллипсиса. Поэтому всякое измѣненіе эксцентрицитета, дѣйствуя на малую ось, имѣетъ вліяніе и на температуру поверхности. Въ §§ 391 и слѣд. было показано, какимъ образомъ подобныя перемѣны дѣйствуютъ также и на крайнія температуры. Здѣсь, естественно, возникаетъ вопросъ, можетъ ли, въ продолженіе обширнаго вышеупомянутаго цикла (въ тотъ или другой періодъ котораго согласныя измѣненія, могутъ соединяться вмѣстѣ въ орбитѣ одной планеты отъ много-различныхъ причинъ), эксцентрицитетъ какой нибудь планеты, напримѣръ Земли, такъ чрезмѣрно увеличиться, чтобы нарушить собою условія, необходимыя для существованія чело-вѣка, или по крайней мѣрѣ произвести большія перемѣны въ физическихъ удобствахъ его положенія? Изслѣдованія геометровъ даютъ на это отрицательный отвѣтъ. Лагранжъ доказалъ слѣдующее соотношеніе между массами, осями орбитъ и эксцентрицитетами, сходное съ знакомымъ уже намъ предложеніемъ касательно наклоненій: *сумма произведеній массы каждой планеты на квадратный корень оси орбиты и на квадратъ эксцентрицитета, распространенная на всю систему, есть количество неизмѣнное*. Въ дѣйствительности эта сумма есть величина весьма малая и всегда останется таковою. Такъ какъ оси орбитъ не подлежатъ вѣковымъ измѣненіямъ, то это значитъ, что эксцентрицитетъ какой-либо орбиты можетъ

увеличиваться не иначе, какъ на счетъ всей суммы, которой совокупная величина есть и пребудетъ навсегда чрезвычайно мала (¹).

(¹) Это соотношеніе, само по себѣ, не освобождаетъ меньшія планеты. Меркурія, Марса, Юнону, Цереру и проч., отъ опасности переворота, въ томъ случаѣ, еслибъ на нѣкоторыхъ, или на одной изъ нихъ накопилась вся эта запасная величина эксцентриситета. Но этого никогда не можетъ случиться, потому что главная часть ея всегда вынадеаетъ на долю Юпитера и Сатурна. То же должно разумѣть и о предложеніи, касающемся наклоненій § 682. Самыя суммы никогда не могутъ сдѣлаться отрицательными, ибо каждый членъ всегда имѣетъ положительную величину.

ГЛАВА XIV.

О неравенствахъ, не зависящихъ отъ эксцентрицитетовъ.—Вариация и параллактическое неравенство Луны.—Соотвѣтствующія планетныя неравенства.—Три различные случая планетныхъ возмущеній.—О неравенствахъ, зависящихъ отъ эксцентрицитетовъ.—Долговременное неравенство Юпитера и Сатурна.—Законъ взаимности между періодическими измѣненіями элементовъ обѣихъ планетъ.—Долговременное неравенство Земли и Венеры.—Измѣненіе эпохи.—Неравенства эпохи, имѣющія вліяніе на среднее движеніе.—Объясненіе постоянной части этихъ неравенствъ.—Годовое уравненіе Луны.—Вѣковое ускореніе Луны.—Лунныя неравенства отъ вліянія Венеры.—Вліяніе сфероидальной формы Земли и другихъ планетъ на движенія ихъ спутниковъ.—О приливахъ и отливахъ.—Опредѣленіе массъ возмущающихъ тѣлъ, помощію производимыхъ ими возмущеній.—Массы Луны и спутниковъ Юпитера, и способъ ихъ опредѣленія.—Возмущенія Урана, послужившія къ открытію Нептуна.—Опредѣленіе абсолютной массы и плотности Земли.

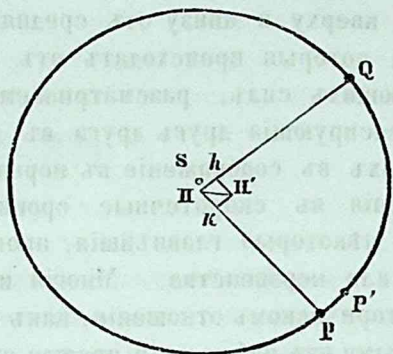
745. Для вычисленія дѣйствительнаго положенія планеты или Луны, по долготѣ и широтѣ, въ данное время, недостаточно знать производимыя возмущеніями измѣненія въ элементахъ орбиты, и еще менѣе достаточно знать *вѣковыя* перемѣны, которыя суть не иное что какъ остатки, или не компенсированныя части гораздо болѣешихъ измѣненій, возникающихъ въ непродолжительные періоды конфигураціи.

Нужно имѣть средство къ опредѣленію дѣйствительнаго вліянія на долготу періодическихъ ускореній и замедленій средняго углового движенія планеты, и вліяніе на широту тѣхъ уклоненій кверху и книзу отъ средняго положенія плоскости орбиты, которыя происходятъ отъ непрерывнаго дѣйствія возмущающихъ силъ, разсматриваемыхъ не какъ силы взаимно компенсирующія другъ друга въ длинные періоды, но принимаемыхъ въ соображеніе въ порядкѣ ихъ возникновенія и уничтоженія въ скоротечные сроки. Мы объяснимъ въ этой главѣ нѣкоторыя главнѣйшія, происходящія отъ того, *уравненія*, или неравенства. Многія изъ нихъ весьма любопытны въ историческомъ отношеніи, какъ потому что они сдѣлались извѣстными изъ наблюденій прежде открытія ихъ теоретическихъ причинъ, такъ и потому что ихъ послѣдовательное объясненіе на основаніи теоріи тяготѣнія, служило къ опроверженію возраженій, считавшихся иногда самыми опасными доводами противъ достовѣрности этой теоріи, и во всѣхъ случаяхъ подтверждало ее самымъ убѣдительнымъ и побѣдоноснымъ образомъ.

746. Начнемъ съ силъ, взаимно компенсирующихъ другъ-друга въ синодическое обращеніе тѣлъ возмущаемаго и возмущающаго, и не зависящихъ отъ постоянныхъ эксцентрицитетовъ обѣихъ орбитъ, но переходящихъ чрезъ всѣ свои измѣненія и компенсаціи на орбитахъ слегка эллиптическихъ, почти точно такъ же, какъ будто бы эти орбиты были совершенно круглыя. Эти неравенства возникаютъ въ дѣйствительности отъ обращенія истиннаго верхняго фокуса возмущаемаго эллипсиса вокругъ своего средняго положенія по кривой, которой форму и величину можно опредѣлить во всякомъ данномъ случаѣ на основаніи началъ, изложенныхъ въ послѣдней главѣ. Если орбита—кругъ, то это среднее положеніе сливается съ центромъ; если она—эллипсисъ, то оно совпадаетъ съ положеніемъ верхняго фокуса, выводимымъ изъ началъ, объясненныхъ въ послѣдней главѣ.

747. Чтобы понять свойство подобнаго обращенія, нужно разсмотрѣть совокупное вліяніе обѣихъ элементовъ

возмущающей силы. Положимъ, что H есть мѣсто верхняго фокуса, соответствующее положенію P возмущаемаго тѣла, а PP' — бесконечно-малый элементъ орбиты послѣдняго, описываемый въ одно мгновеніе времени. Если допустимъ, что нѣтъ возмущающей силы, то PP' будетъ часть эллипсиса, котораго фокусъ находится въ H , какъ для точки P , такъ и для точки P' . Но если въ про-



долженіе того мгновенія, въ которое описывается дуга PP' , дѣйствуютъ возмущающія силы, то фокусъ H мѣняетъ свое положеніе и переходитъ въ H' . Чтобъ опредѣлить эту точку, вспомнимъ доказанное въ § 714: отъ вліянія нормальной силы положеніе линіи $P'H$ мѣняется такъ, что уголъ HPH' вдвое болѣе измѣненія, простирающагося въ углы прикосновенія отъ вліянія этой силы, при чемъ разстояніе PH остается то же. Такимъ образомъ, отъ вліянія лишь одной нормальной силы, H перемѣстится въ точку h , вдоль линіи HQ , проведенной изъ H въ точку Q , лежащую на 90° впереди P (ибо по причинѣ весьма малаго разстоянія SH можно считать уголъ PHQ прямымъ, если таковъ уголъ PSQ); притомъ H приближается къ Q , когда сила дѣйствуетъ кнаружи, и удаляется отъ Q , когда она направлена вовнутрь. Подобнымъ образомъ, отъ дѣйствія касательной силы (§ 713), положеніе H мѣняется въ направленіи HP или PH , смотря по тому, замедляетъ ли или ускоряетъ эта сила движеніе P . Итакъ, чтобъ опредѣлить H' , пужно провести изъ H линіи HP , HQ , въ точку P и въ точку Q , лежащую на 90° впереди H ; отложить потомъ на HQ линію Hh , равную движенію фокуса отъ вліянія нормальной силы, а на HP линію Hk , равную его движенію отъ вліянія касательной силы, и дополнить

параллелограммъ NN' : тогда діагональ NN' будетъ представлять элементъ истиннаго пути точки N , вслѣдствіе совокупнаго вліянія обѣихъ силъ.

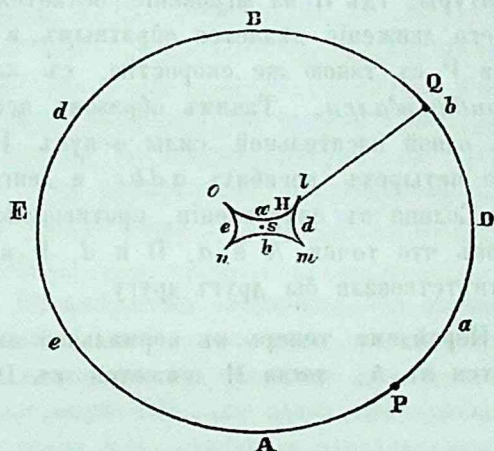
748. Самый видный случай въ планетной системѣ, къ которому можетъ быть приложено предыдущее разсужденіе, представляетъ Луна, возмущаемая Солнцемъ. Проходящее отъ того неравенство извѣстно подъ названіемъ *варіаціи*, и было открыто въ 975 году арабскимъ астрономомъ Абулъ-Вефа (¹); величина его (или возникающія отъ его вліянія уклоненія Луны, въ ту и другую сторону отъ средней долготы) не менѣе $1^{\circ}4'$. Варіація замѣчательна еще потому, что она была первымъ неравенствомъ, которое удалось объяснить Ньютону помощію теоріи тяготѣнія. Можно составить себѣ общее о ней понятіе, разсматривая непосредственное вліяніе возмущающихъ силъ на Луну, въ предположеніи, что послѣдняя описываетъ круглую орбиту. На такой орбитѣ, безъ возмущеній, скорость была бы равномерна; но такъ какъ дѣйствіе касательной силы ускоряетъ движеніе въ квадрантахъ, предшествующихъ соединенію и противоположенію Луны, и замедляетъ его въ промежуточныхъ квадрантахъ, то ясно, что скорость пріобрѣтаетъ двѣ наибольшія и двѣ наименьшія величины, первыя въ сизигіяхъ, а послѣднія въ квадратурахъ. Отсюда слѣдуетъ, что въ сизигіяхъ скорость будетъ болѣе, а въ квадратурахъ менѣе, нежели скорость, соотвѣтствующая движенію по круглой орбитѣ. Поэтому въ сизигіяхъ орбита будетъ имѣть меньшую кривизну нежели кругъ, или будетъ сплюснута, а въ квадратурахъ ея кривизна будетъ болѣе, или орбита выступитъ за предѣлы круга. Такъ было бы, еслибы не дѣйствовала нормальная сила. Но отъ вліянія послѣдней разсматриваемое здѣсь дѣйствіе еще болѣе возрастаетъ, потому что около сизигіи, на разстояніи $64^{\circ}14'$ въ каждую отъ нихъ сторону, эта сила направлена кнаружи, или противодѣйствуетъ притяженію

(¹) См. Содио, *Nouvelles Recherches pour servir à l'Histoire de l'Astronomie chez les Arabes*.

Земли, и тѣмъ самымъ не допускаетъ орбиту принять столь же большую кривизну, какую она имѣла бы безъ ея вліянія; между тѣмъ какъ въ квадратурахъ, и на разстояніи $25^{\circ}46'$ въ каждую отъ нихъ сторону, она направлена вовнутрь, дѣйствуетъ заодно съ земнымъ притяженіемъ, и увеличиваетъ кривизну этой части орбиты. Такимъ образомъ совокупное дѣйствіе обѣихъ силъ придаетъ орбитѣ, вмѣсто круглой, эллиптическую или сплюснутую фигуру, которой большая ось проходитъ чрезъ квадратуры, а малая чрезъ сизигіи; и въ такой орбитѣ Луна, сравнительно съ своею среднею скоростію, движется быстрее въ сизигіяхъ, т.-е. въ наименьшемъ разстояніи отъ Земли, чѣмъ въ квадратурахъ, т.-е. въ наибольшемъ разстояніи. Слѣдовательно, отъ вліянія обѣихъ причинъ, угловое движеніе Луны вокругъ Земли болѣе въ первомъ положеніи, нежели въ последнемъ. Поэтому, въ сизигіяхъ истинная долгота Луны, наблюдаемая съ Земли, обгоняетъ среднюю долготу, — въ квадратурахъ отстаетъ отъ нея, а въ промежуточныхъ точкахъ, недалеко отъ октантовъ, не обгоняетъ и не отстаетъ. Такъ какъ до вступленія въ послѣднія точки *увеличиваніе долготы ускорялось или замедлялось* въ промежуткѣ всей предшествовавшей четверти окружности, то въ нихъ величина *прибыли и убыли* въ долготѣ дѣлается наибольшею. Слѣдовательно въ октантахъ истинная долгота Луны наиболѣе уклоняется отъ средней долготы какъ въ ту, такъ и въ другую сторону, и рассматриваемое нами неравенство въ сизигіяхъ и въ квадратурахъ обращается въ нуль, а въ октантахъ достигаетъ наибольшей величины, какъ относительно увеличиванія, такъ и уменьшенія долготы, въ сравненіи съ среднею долготой, что согласно съ наблюденіями.

749. Разсмотримъ теперь, какимъ образомъ можно представить это неравенство вышеобъясненными совокупными измѣненіями оси и эксцентриситета. Мы видѣли, что касательная сила уничтожается въ сизигіяхъ и квадратурахъ, а въ октантахъ достигаетъ наибольшей величины, ускоряетъ движеніе въ квадрантахъ EA и DB, и замедляетъ его въ квад-

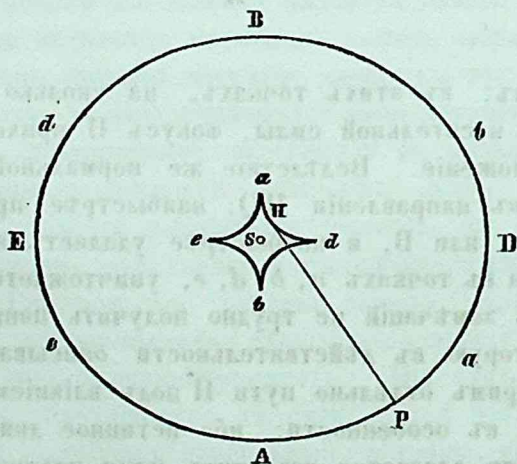
рантахъ AD и BE . Поэтому, въ двухъ первыхъ, ось удлинняется, а въ двухъ послѣднихъ сокращается. Съ другой стороны, нормальная сила уничтожается въ a, b, d, e , въ разстояніи $64^{\circ}14'$ отъ сизигій. Она дѣйствуетъ снаружки на дугахъ eAa, bBd , и вовнутрь на дугахъ aDb, dEe . Поэтому, вслѣдствіе вліянія касательной силы, точка H движется къ P , когда P находится на AD и BE , и отъ P , когда это тѣло бываетъ на DB или EA ; движеніе прекращается въ точкахъ A, B, D, E , и бываетъ самое быстрое



въ октантахъ; въ этихъ точкахъ, на сколько то зависить отъ вліянія касательной силы, фокусъ H приходитъ въ свое среднее положеніе. Вслѣдствіе же нормальной силы, движеніе H , въ направленіи HQ , наибыстрѣе приближаетъ H къ Q въ A , или B , и наибыстрѣе удаляетъ его отъ Q , въ D или E , а въ точкахъ a, b, d, e , уничтожается. При помощи этихъ замѣчаній не трудно получить понятіе о формѣ кривой, которую въ дѣйствительности описываетъ H , если мы рассмотримъ отдѣльно пути H подъ вліяніемъ каждой изъ этихъ силъ въ особенности; ибо истинное движеніе H по необходимости слагается изъ этихъ двухъ частныхъ движеній,

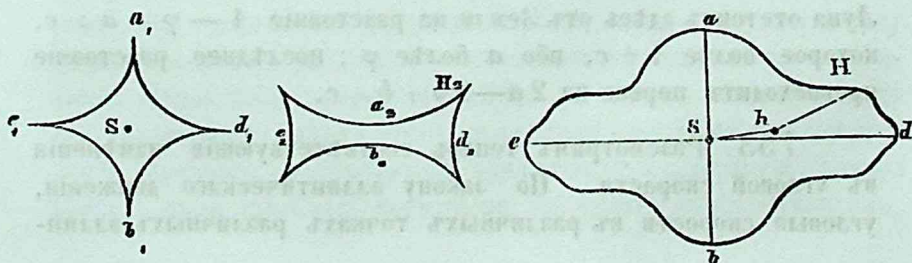
которыя, будучи всегда взаимно перпендикулярны, никогда не могут смѣшиваться. Изъ сказаннаго о дѣйствиі касательной силы явствуется, что когда Р вступаетъ въ А, тогда Н на мгновеніе останавливается, но во время перехода Р изъ А въ D, Н непрерывно приближается къ Р, по соединяющей ихъ линіи НР, которая поэтому всегда совпадаетъ съ касательною къ пути Н. Когда Р приходитъ въ октантъ, тогда Н бываетъ въ среднемъ разстояніи отъ Р (равномъ PS), и приближается къ Р очень быстро. Отсюда до квадратуры D скорость движенія Н къ Р уменьшается до самой квадратуры, гдѣ Н на мгновеніе остается въ покоѣ, послѣ чего его движеніе дѣлается обратнымъ, и фокусъ *удаляется отъ Р* съ такою же скоростью, съ какою прежде *къ нему приближался*. Такимъ образомъ ясно, что отъ вліянія лишь одной касательной силы фокусъ Н описывалъ бы кривую о четырехъ изгибахъ *adbe* и двигался бы по ней вокругъ Солнца въ направленіи, противоположномъ движенію Р, такъ что точки А и *a*, D и *d*, В и *b*, Е и *e*, взаимно соотвѣтствовали бы другъ другу.

750. Перейдемъ теперь къ нормальной силѣ. Когда Луна находится въ А, тогда Н движется къ D и имѣетъ



наибольшую скорость, которая замедляется по мѣрѣ приближенія P къ D , и Q къ B . HQ всегда пребываетъ касательною къ описываемой кривой, и такъ какъ въ безразличной точкѣ нормальной силы (въ которой P отстоитъ на $64^{\circ}14'$ отъ A , и Q на столько же отъ D), движеніе H на мгновеніе прекращается, и дѣлается потомъ обратнымъ, то кривая въ l заворачивается, и H продолжаетъ двигаться по дугѣ lm , въ то время какъ P описываетъ соотвѣтствующую дугу, отъ безразличной точки, черезъ D , до слѣдующей безразличной точки. Въ безразличной точкѣ, лежащей между D и B , движеніе H по HQ снова прекращается и переходитъ въ обратное, отчего кривая снова заламывается въ m , и такъ далѣе. Такимъ образомъ, подъ исключительнымъ вліяніемъ нормальной силы, H описываетъ вокругъ Солнца продолговатую кривую, съ четырьмя изгибами, $lmno$, въ направленіи, противоположномъ движенію P , такъ что положеніямъ P въ A, B, D, E , соотвѣтствуютъ точки a, d, b, e .

754. Весьма легко соединить оба движенія вмѣстѣ. Положимъ, что H_1 и H_2 означаютъ къ каждой кривой соотвѣтствующія положенія P ; отложимъ отъ S линію Sh , равную и параллельную SH_1 , на одной изъ кривыхъ, и проведемъ отъ h линію hH , равную и параллельную SH_2 на другой. Повторимъ это для каждой соотвѣтствующей точки обѣихъ кривыхъ, и мы получимъ въ результатъ кривую $adbe$, которой полуоси $Sa = Sa_1 + Sa_2$ и $Sd = Sd_1 + Sd_2$. Последняя кривая представляетъ истинный путь верхняго Фокуса, и точки a, d, b, e , соотвѣтствуютъ на ней положеніямъ



Р въ А, D, В, Е. Отсюда слѣдуетъ: во 1-хъ, что въ сизигіяхъ А и В Луна бываетъ въ перигей своего мгновеннаго эллипсиса, ибо нижній фокусъ ближе къ ней нежели верхній; во 2-хъ, что въ квадратурахъ D и Е Луна бываетъ въ апогей своего мгновеннаго эллипсиса, ибо тогда верхній фокусъ ближе къ ней нежели нижній; въ 3-хъ, что Н обращается по овалу $adbе$ въ сторону, противоположную движенію Р по своей орбитѣ, и оканчиваетъ полное обращеніе, отъ сизигіи до сизигіи, въ синодическое обращеніе Луны.

752. Примемъ за единицу среднее разстояніе Луны отъ Земли и изобразимъ Sa_1 или Sd_1 (между собою равныя) чрезъ $2a$, Sa_2 чрезъ $2b$, и Sd_2 чрезъ $2c$; тогда полуоси Sa и Sd овала $adbе$ будутъ соответственно $2a + 2b$ и $2a + 2c$, такъ что эксцентриситеты мгновенныхъ эллипсисовъ въ А и D выразятся соответственно чрезъ $a + b$ и $a + c$. Полная величина вліянія касательной силы на ось, отъ сизигіи до квадратуры, очевидно равняется длинѣ криволинейной дуги $a_1 d_1$, которая необходимо менѣе $Sa_1 + Sd_1$ или $4a$. Поэтому, полное вліяніе на полуось, или на разстояніе Луны, менѣе $2a$, и разность φ , на которую наибольшее и наименьшее измѣненное такимъ образомъ разстояніе разнится отъ своей средней величины $SA=1$, менѣе a . Поэтому въ А Луна движется въ *перигей* эллипсиса, котораго полуось равняется $1 + \varphi$, а эксцентриситетъ $a + b$, такъ что ея истинное разстояніе отъ Земли равняется здѣсь $1 + \varphi - a - b$, что менѣе $1 - b$, ибо φ менѣе a ; между тѣмъ какъ въ D она движется въ *апогей* эллипсиса, котораго полуось равняется $1 - \varphi$, а эксцентриситетъ $a + c$, такъ что Луна отстоитъ здѣсь отъ Земли на разстояніе $1 - \varphi + a + c$, которое болѣе $1 + c$, ибо a болѣе φ : послѣднее разстояніе превосходитъ первое на $2a - 2\varphi + b + c$.

753. Разсмотримъ теперь соответствующія измѣненія въ угловой скорости. По закону эллиптическаго движенія, угловыя скорости въ различныхъ точкахъ различныхъ эллип-

сисовъ, мало отличающихся отъ круговъ, прямо пропорціональны квадратнымъ корнямъ изъ полуосей и обратно пропорціональны квадратамъ разстояній. Въ настоящемъ случаѣ полуоси въ А и въ D относятся между собою какъ $1 + \varphi$ къ $1 - \varphi$, или какъ $1 : 1 - 2\varphi$, а квадратные корни изъ нихъ относятся между собою какъ $1 : 1 - \varphi$; съ другой стороны, разстоянія относятся между собою какъ $1 + \varphi - a - b : 1 - \varphi + a + c$; обратное отношеніе ихъ квадратовъ (такъ какъ φ , a , b и c величины весьма малыя) равняется отношенію $1 - 2\varphi + 2a + 2c : 1 + 2\varphi - 2a - 2b$, или $1 : 1 + 4\varphi + 4a - 2b - 2c$. Поэтому угловыя скорости относятся между собою какъ

$$1 : 1 + 3\varphi - 4a - 2b - 2c,$$

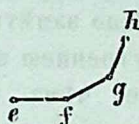
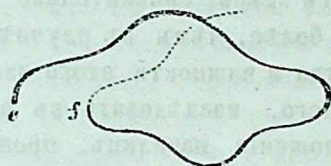
что, очевидно, есть отношеніе бѣльшаго количества къ меньшему. Итакъ, изъ свойства втораго члена этого отношенія явствуетъ, что нормальная сила имѣетъ на результатъ гораздо болѣе вліянія, нежели касательная.

754. Въ предшествовавшемъ изслѣдованіи мы считали Солнце неподвижнымъ; допустимъ теперь, что оно обращается по круглой орбитѣ. Тогда, очевидно, при равныхъ углахъ элонгаціи Р отъ М, паблюдаемой изъ S, дѣйствуютъ равныя возмущающія силы, какъ касательныя, такъ и нормальныя: только сизигіи, квадратуры и точки безразличія нормальной силы не будутъ болѣе имѣть постоянной долготы на лунной орбитѣ, но стануть подвигаться на ней впередъ, съ равномѣрною угловою скоростію, равною скорости углового движенія Солнца. Вслѣдствіе этого, изогнутыя кривыя a_1 , d_1 , b_1 , e_1 и a_2 , d_2 , b_2 , e_2 (черт. § 751) не будутъ болѣе смыкаться, но загибы каждой изъ нихъ стануть какъ бы извиваться кругомъ, въ направленіи движенія Солнца, такъ что углы между точками поворота увеличатся въ отношеніи синодическаго обращенія Луны къ звѣздному (§ 450). Равнымъ образомъ, если мы совокупимъ вмѣстѣ отдѣльныя движенія Н по каждой изъ этихъ кривыхъ, то составная кривая хотя и удержитъ, говоря вообще, свою овальную форму, но не будетъ линія сомкнутая,

а станетъ извиваться спирально вокругъ S, такъ что ея ближайшія и дальнѣйшія отъ S точки будутъ отстоять между собою болѣе чѣмъ на 90° въ томъ же отношеніи обращеній синодическаго и звѣзднаго. Съ этимъ движеніемъ будетъ сообразоваться самое движеніе Луны, и она станетъ описывать родъ эллиптической спирали, въ которой наименьшія разстоянія падаютъ всегда на линію спизгій, а наибольшія—на линію квадратуръ. Ясно также, что отъ болѣе-продолжительнаго дѣйствія обѣихъ силъ, т.-е. отъ большаго протяженія дуги, въ пространствѣ которой ихъ напряженности увеличиваются и уменьшаются въ одинаковой степени, вѣтви каждой кривой между точками перегиба удлинняются, а самыя эти точки отходятъ далѣе отъ Солнца; вмѣстѣ съ тѣмъ увеличиваются размѣры составной овальной линіи, а съ ними возрастаетъ и величина тѣхъ неравенствъ луннаго движенія, которыя они представляютъ.

755. Въ предшествовавшемъ разсужденіи, Солнце предполагается въ такомъ отдаленіи, что возмущающія силы на ближайшей къ нему половинѣ орбиты не отличаются ощутительно отъ возмущающихъ силъ на другой половинѣ. Въ дѣйствительности же, Солнце бываетъ въ соединеніи ближе къ Лунѣ, чѣмъ въ противоположеніи, почти на одну двухсотую часть всего разстоянія, и этого достаточно для причиненія весьма замѣтнаго неравенства въ движеніи Луны, извѣстнаго подъ названіемъ *параллактическаго неравенства*, котораго вліяніе на долготу простирается до $2'$, а періодъ оканчивается въ синодическое обращеніе, или въ лунный мѣсяцъ. Это неравенство, подчиненное въ Лунѣ большому неравенству варіаціи, съ которою оно состоитъ въ связи, пріобрѣтаетъ важное значеніе въ системѣ соотвѣтствующихъ ему неравенствъ въ планетныхъ возмущеніяхъ, по причинѣ большихъ измѣненій въ разстояніи планетъ отъ соединенія до противоположенія; а потому необходимо указать на перемѣны, возникающія, вслѣдствіе этого соображенія, въ формахъ описываемыхъ фокусами кривыхъ, и въ овалѣ, происходящемъ отъ ихъ сочетанія. Обратимся къ фигурамъ §§ 749

и 750, и допустимъ, что Луна начинаетъ свое движеніе изъ E , а верхній фокусъ, на каждой кривой, изъ e ; мы усмотримъ, что дуги ea , ad одной кривой, и дуги ep , pal , ld другой, описываемыя подъ влияніемъ болѣе могущественныхъ силъ, должны быть длиннѣе дугъ db , be и dm , tbn , ne , соответствующихъ остальной половинѣ обращенія. Слѣдовательно, концы обѣихъ кривыхъ, опредѣляемыя начальнымъ и окончательнымъ положеніемъ e на каждой изъ нихъ, не могутъ встрѣтиться; такое заключеніе распространяется также и на ту сложную овальную линію, по которой дѣйствительно обращается фокусъ, такъ что она принимаетъ видъ, показанный на прилагаемомъ чертежѣ. Такимъ образомъ, по истеченіи луннаго мѣсяца, фокусъ перемѣщается изъ e въ f по линіи, параллельной линіи квадратуръ. Въ слѣдующія обращенія повторяется то же самое. Между тѣмъ Солнце подвигается на своей орбитѣ, и линія квадратуръ перемѣняетъ свое положеніе на уголъ, равный угловому движенію Солнца. Вслѣдствіе чего, слѣдующее окончательное положеніе g фокуса падаетъ не на продолженіе линіи ef , но на линію, параллельную новому положенію линіи квадратуръ, и въ дальнѣйшее продолженіе этого процесса точка e , очевидно, обращается вокругъ своего средняго положенія, въ годовой періодъ. Ясно, что послѣднее движеніе равнозначительно съ годовымъ обращеніемъ центральной точки разсматриваемаго составнаго овала по маленькой орбитѣ вокругъ своего средняго положенія S . Такимъ образомъ обнаруживается, что отъ дѣйствія этой причины эксцентриситетъ не можетъ постоянно и неопредѣленно увеличиваться.

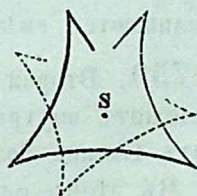
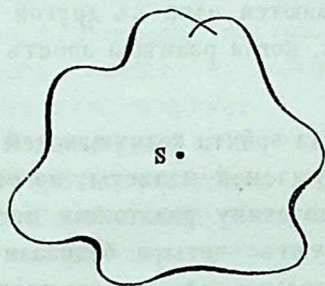


что однако имѣло бы мѣсто при отсутствіи годового движенія въ Солнцѣ.

756. Во всѣхъ возмущеніяхъ планетъ планетами, обнаруживаются неравенства, по началу совершенно сходныя съ варіаціей и паралактическимъ неравенствомъ, но весьма значительно измѣненныя вслѣдствіе различія въ отношеніяхъ между размѣрами. До какой степени простираются эти измѣненія, легко усмотрѣть изъ примѣровъ, предложенныхъ въ § 655, откуда видно, что въ соединеніи возмущающая сила бываетъ часто гораздо болѣе, чѣмъ въ противоположеніи; такъ, напримѣръ, въ случаѣ возмущенія Урана Нептуномъ первая въ десять разъ болѣе послѣдней. Вслѣдствіе этого, орбита, описываемая центромъ сложнаго овала вокругъ S, бываетъ здѣсь, сравнительно съ размѣрами самаго овала, гораздо болѣе, чѣмъ въ случаѣ Луны. Не упуская изъ виду свойства и важности этого измѣненія, мы можемъ, независимо отъ него, изслѣдовать въ очертаніи самаго овала число и расположеніе извилинъ, происходящихъ отъ поочередно *положительныхъ* и *отрицательныхъ* дѣйствій возмущающей силы въ продолженіе синодическаго обращенія. Но предварительно нужно замѣтить, что въ случаѣ возмущенія наружной планеты внутреннею возмущающее тѣло имѣетъ болѣе угловое движеніе, чѣмъ возмущаемое. Отсюда слѣдуетъ, что Р, подвигаясь впередъ на своей орбитѣ, вмѣстѣ съ тѣмъ отступаетъ назадъ относительно линіи сизигій, или, что все равно, что точки безразличнаго дѣйствія обѣихъ силъ послѣдовательно обгоняютъ Р: каждая изъ подобныхъ точекъ, когда Р вступаетъ въ нее, причиняетъ загибъ въ соотвѣтствующей кривой, описываемой фокусомъ. Поэтому, углы между послѣдовательными загибами кривой и углы между соотвѣтствующими безразличными точками, при неподвижномъ положеніи М, будутъ состоять между собою въ томъ же постоянномъ отношеніи, въ какомъ синодическій періодъ Р относится къ его звѣздному періоду, которое, впрочемъ, въ настоящемъ случаѣ, выражается числами не столь различными, какъ въ случаѣ Луны. Поэтому амплитуда означен-

ныхъ угловъ сокращается, и, по той же причинѣ, какъ и прежде, уклоненія фокусовъ тѣмъ болѣе уменьшаются, чѣмъ короче синодическое обращеніе.

757. Такъ какъ изгибы каждой кривой повторяются въ послѣдовательныя синодическія обращенія въ томъ же порядкѣ и въ тѣхъ же угловыхъ разстояніяхъ другъ отъ друга и отъ линіи соединенія, то сказанное справедливо и относительно кривой, происходящей отъ сліянія обѣихъ кривыхъ въ одну. Въ послѣдней, отъ каждаго выдающагося загиба обѣихъ составляющихъ ее кривыхъ, образуется выпуклость, а отъ каждой соединяющей эти загибы дуги — соотвѣтствующая вогнутость. Еслибы не существовало вышеозначенной причины, то очевидно, что эта сложная кривая, или истинный путь фокуса, была бы сомкнута въ томъ случаѣ, когда періоды обращеній тѣлъ возмущающаго и возмущаемаго были соизмѣримы, ибо тогда синодическій періодъ былъ бы соизмѣримъ съ каждыиъ изъ этихъ двухъ періодовъ, и дуга долготы, содержащаяся между звѣздными положеніями двухъ послѣдовательныхъ соединеній, составляла бы кратную часть 360° . Во всѣхъ прочихъ случаяхъ,



кривая была бы не сомкнутая, болѣе или менѣе волнистая, болѣе или менѣе правильная спиральная линія, сообразно числу загибовъ на каждой изъ двухъ составляющихъ ее кривыхъ въ полное синодическое обращеніе (то есть сообразно числу безразличныхъ точекъ, въ которыхъ

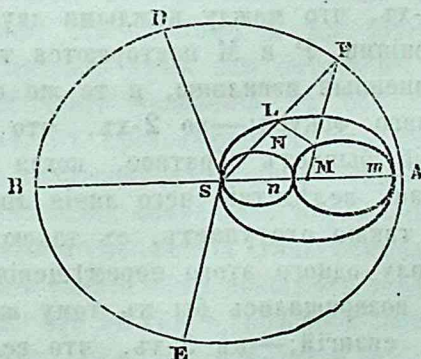
нормальная сила мѣняетъ свое направленіе вовнутрь на направленіе кнаружи, и въ которыхъ дѣйствіе касательной силы переходитъ изъ ускоренія въ замедленіе, и наоборотъ) и сообразно распредѣленію этихъ загибовъ на окружности.

758. Въ подобныхъ измѣненіяхъ необходимо отличить три случая, въ которыхъ взаимныя возмущенія планетъ принимаютъ весьма различный характеръ. Первый случай, — когда возмущающая планета есть наружная. Тогда для каждой силы существуютъ четыре безразличныя точки. Для касательной силы онѣ совпадаютъ съ сизигіями и съ точками *равноотстоящими* отъ Солнца и отъ возмущающей планеты; въ послѣднихъ, за которыми мы оставимъ это названіе, полная возмущающая сила, какъ было показано въ § 657, всегда направлена вовнутрь, къ Солнцу. Для нормальной силы точки безразличія падаютъ между равноотстоящими точками и сизигіями, и если возмущающая планета очень отдаленна, то онѣ занимаютъ почти такое же положеніе какъ и въ лунной орбитѣ, т.-е. помѣщаются гораздо ближе къ квадратурамъ, чѣмъ къ сизигіямъ. По мѣрѣ уменьшенія разстоянія возмущающей планеты, двѣ изъ этихъ точекъ, ближайшія къ сизигіямъ, приближаются одна къ другой и къ сизигіямъ, и въ крайнемъ случаѣ, когда размѣры орбитъ равны, сливаются вмѣстѣ.

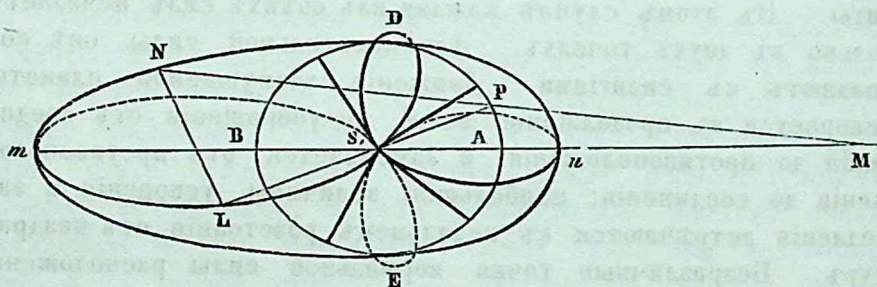
759. Второй случай, — когда орбита возмущающей планеты лежитъ внутри орбиты возмущаемой планеты, но отстоитъ отъ Солнца болѣе чѣмъ на половину разстоянія послѣдней. Въ этомъ случаѣ существуютъ четыре безразличныя точки для касательной силы, и только двѣ для нормальной. Первые помѣщаются въ сизигіяхъ и въ равноотстоящихъ точкахъ. Касательная сила замедляетъ движеніе возмущаемаго тѣла отъ соединенія до первой безразличной точки послѣ соединенія, отсюда до противоположенія ускоряетъ его, потомъ снова замедляетъ его до ближайшей равноотстоящей точки, и наконецъ опять ускоряетъ его до соединенія. По мѣрѣ умень-

шенія возмущающей орбиты, равноотстоящія точки сближаются; ихъ разстояніе отъ сизигіи уменьшается отъ 60° (крайней величины) до нуля, когда онѣ совпадаютъ другъ съ другомъ и съ соединеніемъ. Въ случаѣ Сатурна, возмущаемаго Юпитеромъ, это разстояніе равняется только $23^\circ 33'$. Безразличныя точки нормальной силы лежатъ нѣсколько далѣе квадратуръ, на сторонѣ противоположенія, и не подвергаются существеннымъ измѣненіямъ отъ сокращенія возмущающей орбиты.

760. Третій случай, — діаметръ внутренней возмущающей орбиты менѣе половины діаметра возмущаемой орбиты. Въ этомъ случаѣ каждая изъ обѣихъ силъ исчезаетъ только въ двухъ точкахъ. Для касательной силы онѣ совпадаютъ съ сизигіями. Движеніе возмущаемой планеты ускоряется въ продолженіе всего полуобращенія отъ соединенія до противоположенія, и замедляется отъ противоположенія до соединенія; наибольшія величины ускоренія и замедленія встрѣчаются въ недалекомъ разстояніи отъ квадратуръ. Безразличныя точки нормальной силы расположены почти такъ же, какъ и въ предшествовавшемъ случаѣ, то-есть за квадратурами, около противоположенія. Читатель можетъ легко прослѣдить всѣ эти разнообразныя случаи при помощи простаго черченія фигуръ, разлагая силы для различныхъ случаевъ, начиная съ самаго обширнаго діаметра, и кончая самымъ малымъ діаметромъ возмущающей орбиты. Чтобы лучше удерживать въ воображеніи общія соотношенія этого предмета, полезно чертить, для каждого случая, тѣ изящныя и симметричныя овалы, съ которыхъ не сходятъ точки N и L (черт. § 718), при неизмѣнномъ поло-



женіи М. Прилагаемый чертежъ представляетъ форму этихъ кривыхъ въ третьемъ, разсматриваемомъ теперь случаѣ. Второй случай отличается лишь тѣмъ, что общая вершина на обоихъ овалахъ падаетъ внѣ возмущаемой орбиты АР, между тѣмъ какъ въ случаѣ наружной возмущающей планеты овалъ mL превращается въ кривую о четырехъ лопастяхъ, которой лопасти соответственно касаются овала mN въ своихъ вершинахъ и пересѣкаютъ орбиту АР въ точкахъ равнаго разстоянія и прикосновенія (гдѣ уголъ $MP S$ прямой), какъ на прилагаемомъ чертежѣ.



761. Сохраняя въ памяти эти фигуры, не трудно теперь опредѣлить во всякомъ данномъ случаѣ форму спиральной кривой, описываемой, какъ объяснено выше, верхнимъ фокусомъ. Впрочемъ, для нашей цѣли достаточно замѣтить, во 1-хъ, что между каждыми двумя послѣдовательными соединеніями Р и М повторяются та же общая форма, тѣ же подчиненныя извилины, и то же окончательное перемѣщеніе верхняго фокуса;—во 2-хъ, что движеніе фокуса по этой кривой бываетъ обратное, когда возмущающая планета наружная, вслѣдствіе чего линія апсидовъ мгновеннаго эллипсиса также отступаетъ, съ такою среднею скоростію, что, въ силу одного этого перемѣщенія, въ каждое соединеніе апсиды возвращались бы къ тому же положенію относительно линіи сизигій;—въ 3-хъ, что вслѣдствіе такого обратнаго движенія апсида, возмущаемая планета, независимо отъ этого

обстоятельства, въ каждое синодическое обращеніе, приходила бы на своемъ мгновенномъ эллипсисѣ два раза въ перигелій и два раза въ афелій, точно также какъ въ случаѣ Луны, возмущаемой Солнцемъ; и что вслѣдствіе этого и волнообразнаго движенія самаго фокуса H возникаетъ неравенство, сходное, по перемѣнѣ условій соотвѣтственно каждому случаю, съ варіаціей Луны, разумѣя здѣсь подъ этимъ выраженіемъ, не вполне согласно съ его техническимъ значеніемъ въ лунной теоріи, не только происходящее такимъ образомъ главное неравенство, но и всѣ подчиненныя ему колебанія. Къ этому-то присовокупляется параллактическое неравенство, сильно такимъ образомъ увеличенное.

762. Перейдемъ теперь къ разряду неравенствъ, зависящихъ отъ ощутительной величины постоянного эксцентриситета которой-либо изъ орбитъ, планеты возмущающей или возмущаемой, или обѣихъ вмѣстѣ, вслѣдствіе чего всѣ ихъ соединенія случаются не въ равныхъ разстояніяхъ отъ центральнаго тѣла и другъ отъ друга, и слѣдовательно сохраняется та симметрія, въ продолженіе каждаго синодическаго обращенія, отъ которой зависитъ полное возстановленіе первоначальной величины какъ оси, такъ и эксцентриситета, по истеченіи каждаго подобнаго обращенія. Поэтому, при переходѣ отъ соединенія къ соединенію, верхній фокусъ не будетъ возвращаться въ то же относительное положеніе, и ось не получитъ той самой величины, которую она имѣла вначалѣ. Вмѣстѣ съ тѣмъ ясно, что въ томъ и въ другомъ случаѣ разности будутъ состоять лишь изъ остатковъ послѣ компенсаціи наибольшей части уклоненій въ обѣ стороны отъ средняго положенія, въ продолженіе цѣлаго обращенія, и что величины этихъ остатковъ составляютъ лишь малую дробную часть полнаго уклоненія фокуса отъ первоначальнаго положенія, или увеличиванія и уменьшенія длины оси вслѣдствіе непосредственнаго вліянія касательной силы; эти остатки были бы столь незначительны, что въ книгѣ, подобной нашей, не стоило бы упоминать о нихъ, еслибы, вслѣдствіе особыхъ соотношеній, они не могли накопляться въ одномъ смыслѣ

въ послѣдовательныя соединенія. Такія соотношенія, очевидно, имѣютъ мѣсто, когда періоды планетъ соизмѣримы въ точности, ибо въ этомъ случаѣ (полагая, что элементы не измѣняются ощутительно) всѣ возможные соединенія случаются въ точкахъ, имѣющихъ опредѣленную долготу, и никогда не случаются въ промежуточныхъ точкахъ. При такомъ распредѣленіи соединеній, ихъ соотношенія къ линіямъ симметріи въ орбитахъ всѣ между собою различны, и потому одно изъ соединеній должно имѣть болѣе вліянія на элементы, чѣмъ всѣ прочія (преобладающее вліяніе на *каждый* элементъ не принадлежитъ необходимо *одному и тому же* соединенію). Вслѣдствіе того, по истеченіи полного цикла соединеній, когда они обойдутъ поочередно всѣ соответствующія имъ точки, вліяніе одного изъ соединеній на элементъ, къ которому оно имѣетъ такое особенное соотношение, будетъ преобладать надъ противодѣйствующимъ и компенсирующимъ вліяніемъ всѣхъ прочихъ соединеній, и такимъ образомъ, хотя въ подобный циклъ и обнаруживается гораздо точнѣйшая компенсація въ величинѣ элемента, нежели въ одно обращеніе, тѣмъ не менѣе компенсація не будетъ полная, но часть вліянія останется, будетъ ли оно касаться увеличенія или уменьшенія эксцентриситета или оси, или движенія апсидовъ, впередъ или назадъ. Въ слѣдующій циклъ повторится то же дѣйствіе и произведетъ результатъ того же свойства, и такъ далѣе, до тѣхъ поръ, пока не накопится наконецъ перемѣна ощутительной величины, и не измѣнится ось, а съ нею вмѣстѣ и среднее движеніе, въ такой степени, что соизмѣримость періодовъ нарушится, и апсиды на столько передвинутся, что перемѣнится положеніе самаго вліятельнаго соединенія.

763. Хотя нѣтъ такихъ двухъ планетъ, которыхъ среднія движенія были бы въ точности соизмѣримы, но нѣкоторые изъ нихъ приближенно удовлетворяютъ этому условію. Таковы, напримѣръ, Юпитеръ и Сатурнъ; по истеченіи цикла, состоящаго изъ пяти періодовъ Юпитера и двухъ Сатурна, обѣ планеты если и не возвращаются въ тѣ же самыя

конфигураціи, то подходят къ нимъ довольно близко. Въ пяти періодахъ Юпитера содержится 21 663 дня, а въ двухъ періодахъ Сатурна 21 519 дней. Разность заключаетъ въ себѣ только 146 дней, въ продолженіе которыхъ Юпитеръ описываетъ среднимъ числомъ 12° , а Сатурнъ около 5° , такъ что по истеченіи этого промежутка планеты находятся близъ прежняго мѣста соединенія на своихъ орбитахъ и отстоятъ одна отъ другой только на 7° . Вычисливъ промежутокъ времени между тремя соединеніями обѣихъ планетъ, найдемъ, что онъ равняется среднимъ числомъ 21 760 днямъ, ибо ихъ синодическій періодъ продолжается 7 253,4, дня. Въ этотъ промежутокъ Сатурнъ описываетъ $8^{\circ} 6'$ сверхъ двухъ звѣздныхъ обращеній, а Юпитеръ описываетъ столько же сверхъ пяти звѣздныхъ обращеній. Каждое третье соединеніе случается такимъ образомъ въ разстояніи $8^{\circ} 6'$ отъ перваго, что если и не вполне, то весьма близко подходитъ къ разсматриваемому случаю. Избытокъ дѣйствія въ продолженіе многихъ повтореній трехъ соединеній, наприкладъ 7 или 8 послѣдовательныхъ разъ, склоняется въ одну сторону и имѣетъ всегда сходное вліяніе на элементы орбиты планеты Р и на ея среднее движеніе, такъ что его вліяніе на долготу постоянно накапливается и обуславливаетъ существованіе неравенства съ весьма-длиннымъ періодомъ, извѣстнаго въ астрономіи подъ названіемъ большаго неравенства Юпитера и Сатурна.

764. Дуга въ $8^{\circ} 6'$ содержитъ $44\frac{1}{2}\%$ раза въ 360° ; слѣдовательно разсматриваемое соединеніе возвращается въ ту же точку орбиты по истеченіи столько же разъ 21 760 дней, или по прошествіи 2 648 лѣтъ. Но это соединеніе есть третье послѣ двухъ другихъ; оба остальныхъ случаются въ точкахъ орбиты, отстоящихъ почти на 123° и 246° , и подвигающихся также на $8^{\circ} 6'$ въ 21 760 дней. Поэтому въ 2 648-лѣтній періодъ всѣ они обойдутъ кругомъ, и въ промежуткѣ каждое изъ нихъ побываетъ въ принятой нами за начало точкѣ орбиты. Такимъ образомъ одно изъ трехъ соединеній должно произойти однажды въ этой точкѣ въ

продолженіе трети періода, или въ 883 года, что и составляет тотъ циклъ, въ продолженіе котораго *большое неравенство* было бы вполне компенсировано, еслибы во все это время элементы орбиты пребывали неизмѣнными. Но въ столь-долгій промежутокъ они значительно измѣняются, и по этой причинѣ самый періодъ возрастаетъ до 918 лѣтъ.

765. Мы выбрали *большое неравенство*, какъ самый замѣчательный по своей величинѣ, по продолжительности своего періода, и по своему историческому значенію, примѣръ вліянія этого рода. Астрономы давно замѣтили изъ сравненія новыхъ наблюденій Юпитера и Сатурна съ древними, что среднее движеніе этихъ планетъ оказывается неравномѣрнымъ. Такъ, на примѣръ, обнаружилось, что въ продолженіе всего семнадцатаго столѣтія періодъ Сатурна увеличивался, а періодъ Юпитера сокращался, то-есть, что первая планета постоянно отставала противъ вычисленнаго положенія, а послѣдняя забѣгала впередъ. Въ восемнадцатомъ столѣтіи открылось противное. Самыя замедленія и ускоренія были, правда, незначительны, но такъ какъ ихъ вліянія накопились, то они и произвели наконецъ ощутительныя разности между наблюдаемыми и вычисляемыми положеніями обѣихъ планетъ, которыя, не будучи объяснены теоріей, возбуждали сильное вниманіе и даже считались нѣкоторое время опроверженіемъ Ньютонова ученія о тяготѣніи. Всѣ попытки объяснить это явленіе были безуспѣшны; наконецъ Лапласъ открылъ причину въ близкой соизмѣримости среднихъ движеній, какъ показано выше, и вычислилъ его періодъ и величину.

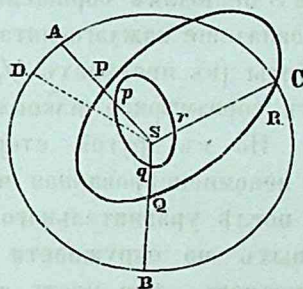
766. Наибольшее вліяніе разсматриваемаго неравенства на долготу Сатурна, въ ту и въ другую сторону, простирается до $0^{\circ}49'$, а на долготу Юпитера до $0^{\circ}21'$. Ускореніе одной планеты необходимо сопровождается замедленіемъ другой, ибо такъ какъ дѣйствіе равно и противоположно противодѣйствію, то съ перваго взгляда кажется очевидно, что Юпитеръ долженъ сообщать Сатурну такой же моментъ

въ направленіи РМ, какой Сатурнъ сообщаетъ Юпитеру въ направленіи МР. Поэтому, казалось бы, слѣдовало заключить, что одна планета побуждается на своей орбитѣ къ движенію впередъ, когда другая побуждается къ движенію назадъ. Заключение справедливо *въ общемъ смыслѣ и относительно окончательнаго результата*; но разсужденіе, изъ котораго оно повидимому такъ просто выводится, ошибочно, или, по крайней мѣрѣ, неполно. Вполнѣ справедливо, что моментъ, непосредственно сообщаемый Юпитеромъ Сатурну, равняется моменту, сообщаемому въ противоположномъ направленіи Сатурномъ Юпитеру. Но здѣсь идетъ дѣло не объ абсолютныхъ движеніяхъ обѣихъ планетъ въ пространствѣ, а о движеніи каждой изъ нихъ относительно Солнца, предполагаемаго неподвижнымъ. Возмущающія силы, то-есть силы возмущающія эти относительныя движенія, дѣйствуютъ не по линіи, соединяющей планеты (§ 657). Въ разсужденіи, котораго неточность мы хотимъ обнаружить, не принято въ соображеніе притяженія каждой планеты на Солнце, и остается показать, что вліянія этихъ притяженій на окончательный результатъ взаимно уравниваются въ теченіе значительныхъ періодовъ времени. Покинемъ на время ту точку зрѣнія, съ которой мы до сихъ поръ смотрѣли на предметъ, и допустимъ, что Солнце можетъ перемѣщаться отъ притяженія обѣихъ планетъ. Тогда движенія всѣхъ тѣлъ будутъ совершаться относительно общаго центра тяжести точно такъ же, какъ они совершались относительно неподвижнаго солнечнаго центра, между тѣмъ какъ Солнце станетъ описывать около того же центра небольшую орбиту, происходящую отъ сліянія двухъ эллиптическихъ движеній, сообщаемыхъ ему отдѣльнымъ притяженіемъ каждой изъ двухъ планетъ. Въ такомъ случаѣ М по прежнему возмущаетъ Р, а Р возмущаетъ М, но вся возмущающая сила дѣйствуетъ въ направленіи соединяющей ихъ линіи. Притомъ, такъ какъ и здѣсь моментъ, сообщаемый тѣломъ М тѣлу Р, равняется моменту, сообщаемому М въ противномъ направленіи тѣломъ Р, то въ строгомъ смыслѣ, если будемъ разсматривать только возмущенія

эллиптическихъ движеній тѣлъ *вокругъ общаго центра тяжести системы*, справедливо и то, что каждое возмущеніе скорости, производимое въ одномъ тѣлѣ, порождаетъ противоположное возмущеніе въ скорости другого (обратно пропорціонально массамъ и сообразно съ направлениемъ движеній тѣлъ относительно другъ-друга). При разсмотрѣніи только тѣхъ долговременныхъ неравенствъ, которыхъ періоды заключаютъ въ себѣ много полныхъ обращеній обѣихъ планетъ, и которыя происходятъ отъ измѣненій въ осяхъ орбитъ, оказывающихъ вліяніе на ихъ *среднія движенія*, можно безразлично допустить, что движенія совершаются вокругъ общаго центра тяжести, или вокругъ Солнца, которое никогда не удаляется отъ этого центра на значительное разстояніе, ибо масса Солнца такъ велика въ сравненіи съ массами планетъ, что этотъ центръ никогда не выступаетъ за предѣлы солнечной поверхности. Слѣдовательно среднее движеніе, рассматриваемое какъ средняя угловая скорость въ продолженіе обращенія, одинаково какъ относительно центра Солнца, такъ и относительно центра тяжести, или, другими словами, относительное среднее движеніе планетъ вокругъ центра Солнца одинаково съ ихъ абсолютнымъ среднимъ движеніемъ вокругъ центра тяжести.

767. Подобное разсужденіе прилагается ко всѣмъ случаямъ взаимнаго возмущенія, имѣющаго результатомъ продолжительное неравенство, возникающее отъ медленнаго и долговременнаго періодическаго увеличиванія или уменьшенія осей, и геометры доказали, что вліяніе подобныхъ неравенствъ на долготы обѣихъ планетъ, или наибольшія величины, на которыя, вслѣдствіе этихъ неравенствъ, *долготы* оказываются болѣе или менѣе долготъ, соответствующихъ эллиптическому движенію, обратно пропорціональны произведеніямъ массъ на квадратные корни изъ большихъ осей орбитъ. Этотъ результатъ подтверждается наблюденіями, и въ рассматриваемомъ нами случаѣ оказывается вѣрнымъ въ той степени, которую допускаютъ небольшія неточности въ извѣстныхъ намъ величинахъ массъ обѣихъ планетъ.

768. Это неравенство, какъ замѣчено вообще въ § 761, было бы гораздо значительнѣе, еслибы не обнаружилось частной компенсаціи въ каждое третье соединеніе планетъ. Пусть PQR и pqr представляють орбиты Юпитера и Сатурна, и положимъ, что первое соединеніе случается въ Pp , на линіи SA , второе, въ разстояніи 123° , на линіи SB , третье, въ разстояніи 246° , на линіи SC , и слѣдующее, въ разстояніи 368° , на линіи SD . Последнее соединеніе, проходя близъ перваго, почти повторяетъ его вліяніе на замедленіе или ускореніе планетъ; но другія два, находясь въ возможно-большемъ отъ него удаленіи, случаются при совершенно-различныхъ обстоятельствахъ относительно положенія перигеліевъ на орбитахъ. Мы видѣли, что когда одна планета приходитъ въ соединеніе съ другою въ многоразличныхъ положеніяхъ, тогда возникаетъ компенсація; въ случаѣ трехъ соединеній самая полная компенсація имѣетъ мѣсто при ихъ равномерномъ распредѣленіи вокругъ центра. Отсюда слѣдуетъ, что въ третье соединеніе не накапливается вся величина возмущенія, но остается лишь небольшой остатокъ послѣ компенсаціи вліянія двухъ предшествовавшихъ соединеній. Читатель, нѣсколько знакомый съ предметомъ, усмотритъ безъ труда, что подобное соображеніе совпадаетъ въ сущности съ тою частію геометрическаго изслѣдованія этого неравенства, которое побуждаетъ насъ искать его выраженіе въ членахъ третьяго порядка, составленныхъ изъ кубовъ и тройныхъ произведеній эксцентриситетовъ и наклоненій, и что непрерывное накопленіе малыхъ величинъ, въ теченіе долговременныхъ періодовъ, соотвѣтствуетъ понятію геоме-

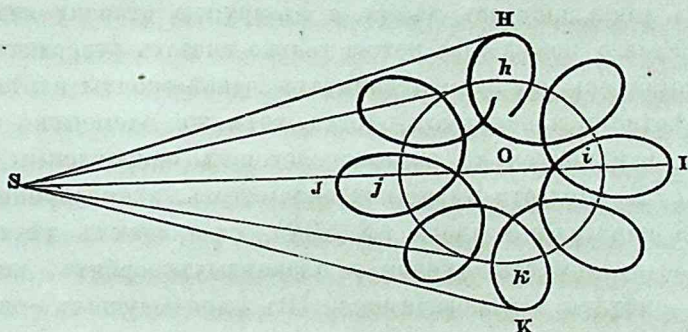


тровъ о значительномъ увеличеніи малыхъ членовъ, когда при интеграціи входятъ въ нихъ большіе коэффиціенты.

769. Сходныя соображенія примѣняются ко всѣмъ случаямъ близкой соизмѣримости между средними движеніями какихъ-либо двухъ планетъ. Таковы, напримѣръ, среднія движенія Земли и Венеры, ибо 13 періодовъ обращенія Венеры почти равняются 8 періодамъ обращенія Земли. Отсюда происходитъ близкое совпаденіе каждого пятого соединенія съ тѣмъ же мѣстомъ орбиты (въ предѣлахъ $\frac{1}{240}$ части полной окружности) и возникаетъ соразмѣрное накопленіе некомпенсированныхъ возмущеній. Но съ другой стороны, накапливающаяся такимъ образомъ некомпенсированная часть возмущеній есть только остатокъ послѣ уравнительнаго вліянія пяти равномерно распределенныхъ по окружности соединеній или, говоря языкомъ геометровъ, эта часть зависитъ отъ пятого порядка степеней и произведеній эксцентрицитетовъ и наклоненій. Поэтому величина ея чрезвычайно незначительна, и все возникающее отсюда неравенство, открытое Эйри, какъ оказывается изъ его тщательныхъ вычисленій, достигаетъ въ своей наибольшей величинѣ лишь немногихъ секундъ, между тѣмъ какъ періодъ его длится не менѣе 240 лѣтъ. Этотъ примѣръ достаточно показываетъ, до какихъ подробностей доведены изслѣдованія въ теоріи планетъ.

770. Возникающія такимъ образомъ измѣненія въ долговременные періоды неизбѣжно сопровождаются также періодическими перемѣщеніями верхняго фокуса, которыя равнозначительны по своему вліянію съ періодическими колебаніями въ величинѣ эксцентрицитета и въ положеніи линіи апсидовъ. Это явствуетъ изъ сказаннаго прежде о движеніи верхняго фокуса подъ вліяніемъ возмущающихъ силъ. Въ круглыхъ орбитахъ мѣсто Н совпадаетъ съ центромъ S Солица, но въ орбитахъ эллиптическихъ такое совпаденіе не существуетъ, и среднее положеніе верхняго фокуса должно быть выведено изъ всѣхъ положеній, дѣйствительно занимаемыхъ имъ въ продолженіе полного обращенія. Неподвижность этой точки зависитъ отъ равенства всѣхъ серпо-

образныхъ вѣтвей кривой, и слѣдовательно отъ равенства отклоненій фокуса въ каждомъ направленіи, при всѣхъ положеніяхъ линіи соединенія. Но если есть такая линія соединенія, для которой это уклоненіе въ одномъ направленіи болѣе нежели въ другомъ, то среднее положеніе фокуса перемѣщается; а при повтореніи того же условія, среднее мѣсто фокуса отклоняется все болѣе и болѣе отъ своего первоначальнаго положенія, и такимъ образомъ возникаетъ движеніе *средняго мѣста фокуса въ одно обращеніе* вокругъ другаго средняго положенія, выводимаго изъ всѣхъ среднихъ мѣстъ, соотвѣствующихъ каждому обращенію въ теченіе полного цикла соединеній. Пусть будетъ S Солнце, O —положеніе, въ которомъ



находился бы верхній фокусъ при отсутствіи подобныхъ неравенствъ, и HK —путь, описываемый верхнимъ фокусомъ вокругъ O вслѣдствіе ихъ вліянія. Очевидно, что въ продолженіе полного цикла неравенства, эксцентриситетъ пройдетъ чрезъ всѣ уклоненія между крайними предѣлами SI и SI , а направленіе оси приметъ всѣ возможныя положенія между крайними положеніями SH и SK , и что если точки i, j, h, k означаютъ соотвѣтствующія среднія положенія фокуса, то ij представляетъ полное измѣненіе средняго эксцентриситета, а уголъ Hsk —таковое же измѣненіе долготы перигелія.

771. Періоды, въ которые эти уклоненія проходятъ чрезъ всѣ свои фазы, необходимо имѣютъ одинаковую продолжи

тельность съ тѣмъ періодомъ неравенства въ долготѣ, съ которымъ они состоятъ въ связи. Но отсюда вовсе не слѣдуетъ, что всѣ ихъ наибольшія величины должны совпадать вмѣстѣ. Измѣненіе осн, которому соотвѣтствуетъ измѣненіе средняго движенія, зависить только отъ касательной силы, достигающей наибольшей величины не въ соединеніи или въ противоположеніи, но въ удаленныхъ отъ нихъ точкахъ, между тѣмъ какъ эксцентрицитетъ зависить отъ обѣихъ силъ нормальной и касательной, изъ которыхъ первая бываетъ наибольшая въ соединеніи. Поэтому соединеніе, оказывающее самое сильное вліяніе на ось, не производитъ самаго большаго дѣйствія на эксцентрицитетъ, и отнюдь нельзя заключить, что наибольшая величина осн совпадаетъ съ наибольшою или съ наименьшею величиной эксцентрицитета, и съ наибольшимъ уклоненіемъ линіи апсидовъ въ ту и въ другую сторону отъ своего средняго положенія; можно только сказать утвердительно, что когда ось или эксцентрицитетъ одной орбиты измѣняется въ извѣстномъ направленіи, тогда тотъ же элементъ другой орбиты измѣняется въ противоположномъ направленіи.

772. Долгота узла, наклоненіе, ось, эксцентрицитетъ, долгота перигелія и эпоха (§ 532), составляютъ тѣ первоначальные элементы лунной и планетныхъ орбитъ, которые можно считать измѣняющимися. Въ предыдущихъ параграфахъ мы показали, какимъ образомъ измѣняется каждый изъ первыхъ пяти элементовъ, отъ прямого вліянія возмущающихъ силъ. Остается объяснить ихъ дѣйствіе на послѣдній. Здѣсь прежде всего нужно устранить неясность въ значеніи самаго термина, при разсужденіи объ орбитѣ, которой элементы непрерывно измѣняются. Положимъ, что требуется исполнить въ обратномъ порядкѣ вычисленія, описанныя въ §§ 535 и 536, которыми опредѣляется для даннаго времени гелиоцентрическая долгота планеты на эллиптической орбитѣ, и нужно вычислить на основаніи выведенной изъ наблюдений гелиоцентрической долготы, зная всѣ прочіе элементы, среднюю долготу планеты въ данную эпоху, или, что все равно, опредѣлить, въ какое время, принимаемое потомъ за эпоху, планета

имѣла данную среднюю долготу. Ясно, что этимъ способомъ мы узнаемъ эпоху, если она еще неизвѣстна, станемъ ли мы ее разсматривать какъ время, соотвѣтствующее избранной средней долготѣ, или какъ среднюю долготу, соотвѣтствующую избранному времени. Последний взглядъ на предметъ пользуется нѣкоторыми удобствами, и потому астрономы согласились принять за элементъ, ~~и~~ подъ названіемъ *эпохи средней долготы*, среднюю долготу планеты, вычисленную такимъ образомъ для даннаго времени, напримѣръ для начала 1800 года, по среднему времени, въ данномъ мѣстѣ. Допустимъ теперь, что всѣ элементы орбиты неизмѣнны; повторяя этотъ обратный процессъ, и вычисляя опредѣленную такимъ образомъ эпоху, на основаніи многихъ, различныхъ и совершенно точныхъ геліоцентрическихъ, долготъ, мы, очевидно, всегда получимъ одинаковый результатъ: всѣ вычисленія приведутъ къ одной и той же величинѣ эпохи.

773. Разсматривая эпоху съ этой точки зрѣнія, какъ простой результатъ обратнаго вычисленія, а не какъ прямой результатъ наблюденія, сдѣланнаго преднамѣренно въ самый моментъ, соотвѣтствующій эпохѣ (что, говоря вообще, неисполнимо), можно представить себѣ, что она подлежитъ измѣненію двоякимъ образомъ — въ зависимости отъ другихъ перемѣнъ и независимо. Въ зависимости, эпоха неизбѣжно мѣняется вслѣдствіе перемѣны въ прочихъ элементахъ; ибо если отъ одной и той же наблюдаемой геліоцентрической долготы мы станемъ восходить обратнымъ вычисленіемъ къ эпохѣ, при помощи двухъ различныхъ группъ элементовъ: той группы элементовъ, которую имѣла орбита въ моментъ непосредственно предшествовавшій эпохѣ, и той группы элементовъ, которую она имѣла въ моментъ, непосредственно за нею слѣдовавшій (то-есть для измѣняющейся и неизмѣняющейся системы), — то мы не получимъ одинаковыхъ результатовъ (кромѣ исключительнаго случая взаимнаго вознагражденія), и разность ихъ будетъ, очевидно, измѣненіе эпохи. Съ другой стороны, эпоха не можетъ измѣняться независимо; ибо только этимъ

путемъ и можно опредѣлить какъ неизмѣнную, такъ и измѣненную эпоху; и такъ какъ обѣ эпохи получаются прямо изъ вычисленія, основаннаго на извѣстныхъ данныхъ, то результаты могутъ разниться между собою не иначе, какъ вслѣдствіе различія въ самыхъ данныхъ. Или же можно рассуждать такъ: перемѣна въ пути планеты и въ положеніи планеты на этомъ измѣненномъ пути въ будущее время зависятъ вполне отъ перемѣнъ въ скорости и въ направленіи, производимыхъ дѣйствіемъ возмущающихъ силъ въ точкахъ возмущенія; послѣднія перемѣны, какъ мы видѣли, могутъ быть представлены вполне мгновеннымъ измѣненіемъ въ положеніи верхняго фокуса, вмѣстѣ съ мгновеннымъ измѣненіемъ въ наклоненіи плоскости орбиты, которыя по тому самому и выражаютъ полное дѣйствіе возмущающихъ силъ. Итакъ, прямого и особеннаго дѣйствія на эпоху, какъ на независимое перемѣнное, не бываетъ; она просто прилагивается сама собою къ измѣненному порядку вещей, какъ объяснено выше.

774. Тѣмъ не менѣе, если возмущенія, дѣйствуя на прочіе элементы, оказываютъ вліяніе на среднюю долготу планеты, не такое, которое можно объяснить измѣненіемъ періода обращенія, вслѣдствіе измѣненія оси; то подобное вліяніе должно приписать измѣненію эпохи. Таковъ весьма любопытный родъ возмущеній, къ изслѣдованію которыхъ мы теперь обращаемся. Они происходятъ отъ ежемгновеннаго измѣненія средняго разстоянія возмущаемаго тѣла въ каждый моментъ полнаго обращенія; что совершенно отлично и независимо отъ измѣненія большой полуоси, или *мгновеннаго средняго разстоянія*. Последнее представляетъ собою воображаемую величину, которую необходимо тщательно отличать отъ средней величины дѣйствительныхъ разсматриваемыхъ здѣсь разстояній. Возмущенія этого рода, сходныя съ лунною варіаціей, съ которою они имѣютъ тѣсныя соотношенія, независимы отъ эксцентрициитета возмущаемой орбиты; а потому изслѣдованіе предмета сдѣлается проще, если мы допустимъ, что эта орбита не имѣетъ постояннаго эксцентрициитета, и что ея верхній

фокусъ, въ своихъ послѣдовательныхъ перемѣщеніяхъ, только обращается вокругъ своего средняго положенія, совпадающаго съ нижнимъ фокусомъ. Мы предположимъ еще, что M очень отдаленно, какъ въ лунной теоріи.

775. Обращаясь къ сказанному въ §§ 749 и 750 и къ приложеннымъ къ нимъ чертежамъ, и рассматривая сперва дѣйствія касательной силы, мы видимъ, что кромѣ своего вліянія на длину оси, и слѣдовательно на періодъ обращенія, эта сила побуждаетъ верхній фокусъ H описывать, въ каждое обращеніе P , кривую $adbe$ съ четырьмя сходными и равными серповидными вѣтвями. Здѣсь предполагается, что M неподвижно и пребываетъ въ неизмѣнномъ разстояніи; такое предположеніе упрощаетъ предметъ, и, какъ будетъ показано ниже, не измѣняетъ общихъ свойствъ выводимыхъ заключеній. Вслѣдствіе возникающаго такимъ образомъ эксцентрицитета, P приходитъ въ перигей своего мгновеннаго эллипсиса въ сизигіяхъ, а въ апогей — въ квадратурахъ. Поэтому, *независимо отъ перемѣнъ, производимыхъ измѣненіемъ оси*, разстояніе P отъ S въ сизигіяхъ менше, а въ квадратурахъ болѣе, чѣмъ въ первоначальномъ кругѣ. Но среднее разстояніе изъ вѣхъ разстояній въ продолженіе полного обращенія не измѣняется, ибо разстоянія отъ S въ a , d , b , e равны, а дуги симметричны, и потому приближеніе около перигея равняется отступленію около апогея. Равнымъ образомъ, вліяніе измѣненій въ длинѣ самой оси въ совокупности будетъ нуль, ибо поочередныя приращенія и уменьшенія этой длины въ теченіе полного обращенія взаимно уравниваютъ другъ друга. Итакъ, касательная сила не имѣетъ никакого вліянія на возмущенія этого рода.

776. Не такъ дѣйствуетъ нормальная сила. Отъ ея вліянія верхній фокусъ описываетъ въ каждое обращеніе P кривую o съ четырьмя серповидными вѣтвями (черт. § 750), которой дуги между поворотами имѣютъ поочередно весьма неравное протяженіе, потому что возмущающая сила, направленная кнаружи, дѣйствуетъ долѣе и съ болѣею напря-

женностию, нежели сила, направленная вовнутрь. Поэтому, хотя P и бываетъ въ перигей въ сизигіяхъ, а въ апогей въ квадратурахъ, но отступленіе въ апогей гораздо значительнѣе, чѣмъ приближеніе въ перигей, ибо Sd много болѣе Sa . Итакъ, въ совокупности полного обращенія, отступленіе превосходитъ, и среднее разстояніе въ возмущенной орбитѣ болѣе, чѣмъ въ невозмущенной. Очевидно, что наше заключеніе вполне независимо отъ какихъ-либо перемѣнъ въ длинѣ оси, которыхъ нормальная сила не можетъ причинить.

777. Нормальная сила не измѣняетъ также и линейной скорости возмущаемаго тѣла. Поэтому, когда отъ вліянія этой силы тѣло удаляется на болѣе разстояніе отъ S , тогда угловая скорость его движенія вокругъ S уменьшается, и наоборотъ, увеличивается съ приближеніемъ его къ S . Слѣдовательно, средняя величина всѣхъ мгновенныхъ угловыхъ движеній уменьшается съ увеличиваніемъ средней величины мгновенныхъ разстояній, и уменьшается въ болѣемъ противу измѣненія послѣднихъ отношеніи, потому что угловая скорость, по закону равномернаго описыванія площадей, обратно пропорціональна квадрату разстоянія, возмущающая же сила, будучи направлена въ настоящемъ случаѣ къ центру, не можетъ нарушить равномернаго описыванія площадей (§ 659). Итакъ, въ совокупности полного обращенія, угловая скорость замедляется; и слѣдовательно время полного обращенія, или возвращенія въ ту же долготу, становится продолжительнѣе, чѣмъ въ невозмущенной орбитѣ, независимо отъ длины мгновенной оси и условливаемаго ею періода обращенія, или средняго движенія. Предоставляемъ читателю приложить это разсужденіе (что сдѣлать не трудно) къ тѣмъ случаямъ планетныхъ возмущеній, когда M находится не въ очень-дальнемъ разстояніи и когда оно помѣщается внутри возмущаемой орбиты. Въ послѣднемъ случаѣ преобладающее вліяніе мѣняется: замедленіе угловой скорости превращается въ ускореніе, а расшпиреніе среднихъ размѣровъ орбиты P — въ сокращеніе.

778. Предшествовавшее изложение есть точный, основанный на строгих динамических началах анализ такого влияния, которое, выражаясь приближенно, можно сравнить съ измѣненіемъ тяготѣнія M къ S , отъ непрерывнаго дѣйствія средней величины преобладающаго излишка нормальныхъ силъ, направленныхъ снаружи и вовнутрь, почти какъ въ случаѣ, еслибы возмущающее тѣло было вытянуто въ равномѣрно-толстое кольцо, концентрическое съ S , и съ такимъ діаметромъ, что его дѣйствіе на P всюду равнялось бы дѣйствію подобнаго преобладающаго излишка силъ, и имѣло бы то же направленіе, вовнутрь или снаружи. Ясно, что дѣйствіе кольца равняется разности его притяженій на обѣ точки P и S , изъ которыхъ послѣдняя лежитъ въ центрѣ, а первая занимаетъ эксцентрическое положеніе. Притяженіе же кольца на свой центръ, очевидно, одинаково во всѣхъ направленіяхъ и слѣдовательно всюду равно нулю. Съ другой стороны, притяженіе на точку P , лежащую внѣ центра, если она находится внутри кольца, всегда направлено *кнаружи*, къ ближайшей точкѣ кольца, или прямо отъ центра ⁽¹⁾. Если же P помѣщается внѣ кольца, то сила всегда

(1) Равновѣсіе Сатурнова кольца выводитъ это предложеніе изъ ряда умозрѣній, и потому не бесполезно доказать его, тѣмъ болѣе, что доказательство очень просто, и не требуетъ никакихъ выкладокъ. Представимъ себѣ сферическую оболочку и точку внутри ея: каждая линія, проходящая чрезъ послѣднюю и ограниченная оболочкою, будетъ на обоихъ своихъ концахъ одинаково наклонена къ ея поверхности, ибо представляетъ собою хорду сферической поверхности и слѣдовательно расположена симметрично относительно всѣхъ ея частей. Вообразимъ еще двойной конусъ или пирамиду, имѣющіе свои вершины въ этой точкѣ и образуемые коническимъ обращеніемъ нашей линіи около нея. Обѣ части сферической оболочки, составляющія основанія двухъ конусовъ, или пирамидъ, будутъ, очевидно, равно наклонены къ ихъ осямъ; слѣдовательно площади этихъ основаній будутъ относиться между собою какъ квадраты разстояній отъ общей вершины; слѣдовательно ихъ притяженія будутъ одинаковы, ибо притяженіе прямо пропорціонально массѣ и обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Притяженія основаній дѣйствуютъ въ противоположныхъ направленіяхъ, и потому взаимно уравновѣшиваются. Поэтому точка вершины пребываетъ въ равновѣсіи, и такъ какъ сказанное равно справедливо для всякой пары площадей, отдѣляемыхъ на сферической оболочкѣ, то ясно, что точка пребываетъ въ равновѣсіи, ка-

направлена вовнутрь, и побуждаетъ Р къ центру. Отсюда слѣдуетъ, что среднее дѣйствіе силы кольца по радіусу принимаетъ различное направленіе, смотря по тому, находится ли орбита возмущающаго тѣла вѣхъ, или внутри орбиты тѣла возмущаемаго. Въ первомъ случаѣ оно уменьшаетъ, а въ последнемъ увеличиваетъ центральное притяженіе.

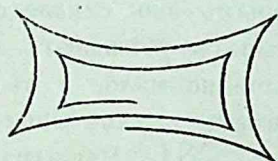
779. Если мы станемъ разсматривать только среднее вліяніе, производимое въ большое число обращеній обоихъ тѣлъ, то очевидно, что подобное приращеніе центральной силы сопровождается уменьшеніемъ періода и разстоянія тѣла, обращающагося съ опредѣленною скоростію, и наоборотъ. Таково, по строгому изслѣдованію, первое и главное вліяніе возмущающей силы, направленной по радіусу. Она производитъ постоянную извѣстной средней величины переменну въ разстояніяхъ и временахъ обращенія всѣхъ тѣлъ, составляющихъ планетную систему, такъ что каждая планета обращается иначе, нежели какъ она обращалась бы, еслибы не подлежала вліянію всѣхъ прочихъ планетъ; угловыя движенія внутреннихъ тѣлъ системы дѣлаются менѣе, а наружныхъ—болѣе, чѣмъ въ этомъ предположеніи. Последнее вліяніе можно прямо вывести изъ слѣдующаго простаго соображенія: всѣ планеты, движущіяся внутри какой-либо орбиты, можно разсматривать какъ придатокъ къ совокупности притягивающаго вещества, пребывающаго внутри ея; вліяніе этого придатка не менѣе дѣйствительно отъ того, что составляющее его вещество распределено въ пространствѣ и обращается.

ково бы ни было ея положеніе внутри сферической оболочки. Обратимся теперь къ кольцу и повторимъ подобное разсужденіе, раздѣливъ кольцо на пары элементовъ, составляющихъ основанія треугольниковъ, образуемыхъ линіями, проведенными чрезъ притягиваемую точку. Притягивающіе элементы, состоящіе въ этомъ случаѣ изъ *линій*, а не изъ *площадей*, относятся между собою просто какъ разстоянія, а не какъ квадраты разстояній, какъ того требуетъ условіе равновѣсія. Слѣдовательно равновѣсіе не удержится, ближайшіе элементы возьмутъ верхъ, и точка станетъ вообще приближаться къ ближайшей части кольца. Сказанное справедливо для всякаго линейнаго кольца, и слѣдовательно распространяется также и на собраніе концентрическихъ линейныхъ колецъ, составляющихъ сплошное кольцо, какъ у Сатурна.

780. Подобныя вліянія можно измѣрить и даже открыть не иначе какъ помощію вычисленія. Извѣстныя намъ періоды обращеній планетъ выведены изъ наблюденій, сдѣланныхъ надъ планетами въ ихъ дѣйствительномъ состояніи, и слѣдовательно въ зависимости отъ этого вліянія, которое можно разсматривать какъ родъ *постоянной части* возмущающаго дѣйствія. Опредѣляемые изъ наблюденій среднія движенія планетъ заключаютъ въ себѣ всю величину этого вліянія, и мы не можемъ отличить его при помощи наблюденій отъ непосредственнаго дѣйствія солнечнаго притяженія, съ которымъ оно сливается. Впрочемъ, извѣстныя намъ массы планетъ убѣждаютъ насъ въ томъ, что это вліяніе чрезвычайно мало, а въ сущности только это обстоятельство имѣетъ важное значеніе въ теоріи ихъ движенія.

781. Равнымъ образомъ отъ средняго вліянія дѣйствія Солнца на Луну въ продолженіе многихъ послѣдовательныхъ обращеній обоихъ тѣлъ, оказывается постоянное приращеніе въ разстояніи и періодѣ Луны. Но у Луны и планетъ это приращеніе накапливается не иначе, какъ при помощи ряда подчиненныхъ колебаній, которыя мы преднамѣренно опустили изъ виду въ предшествовавшемъ разсужденіи, и которыя, очевидно, стремятся уравновѣсить другъ друга въ теченіе множества обращеній. Въ лунѣ нѣкоторыя изъ таковыхъ подчиненныхъ колебаній весьма замѣтны для наблюденій. Самое замѣчательное между ними есть *лунное годовое уравненіе*, названное такъ потому, что оно состоитъ изъ поочереднаго увеличиванія и уменьшенія долготы Луны, соотвѣтственно съ положеніемъ Земли на своей годовой орбитѣ, то-есть съ угловымъ разстояніемъ Земли отъ перигелія, и слѣдовательно имѣетъ періодомъ не мѣсяцъ или краткую часть мѣсяца, но годъ. Для объясненія происхожденія этого уравненія, допустимъ, что Солнце попрежнему занимаетъ неизмѣнное положеніе по долготѣ и постепенно приближается къ Землѣ. Въ такомъ случаѣ всѣ его возмущающія силы возрастутъ въ значительной степени, сравнительно съ уменьшеніемъ разстоянія; ибо эти силы обратно про-

порціональны кубамъ разстояній, и потому все ихъ дѣйствія со-
размѣрно измѣненію разстоянія оказываются втрое болѣе, чѣмъ
подъ вліяніемъ закона обратной пропорціональности про-
стымъ разстояніямъ. Отсюда явствуетъ, что фокусъ Н
(§ 750), описывая каждую серповидную вѣтвь кривой *adbce*,
будетъ все далѣе и далѣе уклоняться отъ Солнца, и кривая
не станетъ смыкаться въ каждое обращеніе, но приметъ видъ
особаго рода спирали, какъ показано на прилагаемомъ чер-
тежѣ. Повторивъ здѣсь рассу-
жденіе § 776, принаровненное къ
настоящему порядку вещей, усмот-
римъ, что до тѣхъ поръ, пока
происходитъ подобное растяже-
ніе, увеличивается разность меж-
ду отступленіемъ М отъ S въ
афеліѣ и его приближеніемъ къ S



въ перигеліѣ (равняющаяся разности между послѣдователь-
ными, длинными и короткими, полудіаметрами кривой); вмѣ-
стѣ съ тѣмъ возрастаетъ и средняя величина разстояній М
отъ S въ продолженіе полного обращенія, а слѣдовательно
и самое время обращенія. Обратный процессъ начи-
нается съ отступленіемъ Солнца. Такимъ образомъ, по мѣрѣ
приближенія Солнца къ Землѣ, среднее угловое движеніе
Луны, въ совокупности полного обращенія, уменьшается, а
съ тѣмъ вмѣстѣ каждый лунный мѣсяцъ длится долѣе пред-
шествовавшаго мѣсяца, и обратно.

782. Если мы допустимъ, что Луна описываетъ кругъ,
то все дѣйствіе движенія Солнца по орбитѣ ограничивается
тѣмъ, что Луна подвергается долѣе вліянію каждой степени
возмущающей силы, нежели въ случаѣ, когда долгота Солнца
остается неизмѣнною (§ 751). Поэтому дѣйствія остаются
тѣ же, и только возрастаютъ пропорціонально увеличенному
времени, т.-е., въ отношеніи синодическаго обращенія Луны
къ звѣздному. Наблюденія подтверждаютъ эти результаты,
и показываютъ, что наибольшая величина разсматриваемаго
неравенства простирается отъ 10' до 11': на столько вслѣд-

ствіе этого возмущенія Луна бываетъ иногда впередъ, иногда позади своего средняго положенія.

783. Къ этому же разряду слѣдуетъ отнести чрезвычайно важное неравенство, обнимающее собою огромный періодъ времени и пзвѣстное подъ названіемъ *вѣкового ускоренія* средняго движенія Луны. Оно было открыто Галлеемъ, который, изъ сравненія древнѣйшихъ халдейскихъ наблюденій надъ затмѣніями Луны съ повѣйшими, замѣтилъ, что въ настоящее время періодъ обращенія Луны сталъ ощутительно короче, чѣмъ въ ту отдаленную эпоху. Этотъ результатъ подтверждается сравненіемъ обонхъ рядовъ наблюденій съ наблюденіями арабскихъ астрономовъ въ восьмомъ и девятомъ вѣкѣ. Изъ такого сравненія оказалось, что среднее движеніе Луны увеличивается въ столѣтіе на 11 секундъ; величина эта, правда, весьма мала, но она дѣлается ощутительною отъ накопленія въ послѣдовательныя столѣтія. Этотъ замѣчательный фактъ, наравнѣ съ большимъ уравниемъ Юпитера и Сатурна, составлялъ для геометровъ предметъ многотрудныхъ изслѣдованій. Объясненіе его казалось столь затруднительнымъ, что нѣкоторые астрономы признавали его недоступнымъ для теоріи тяготѣнія, а другіе вовсе отвергали его достовѣрность, хотя бѣльшая часть историческихъ событій не основывается на преданіяхъ болѣе несомнѣнныхъ. Лапласъ вышелъ изъ этой дилеммы и освободилъ отъ упрека физическую астрономію, указавъ истинную причину разсматриваемаго явленія. При помощи его объясненія, оно сдѣлалось однимъ изъ самыхъ любопытныхъ и поучительныхъ въ ряду явленій, относящихся къ нашему предмету; оно распространяетъ далѣе наши умозаключенія на прошедшее и будущее и открываетъ болѣе глубокій взглядъ въ туманную перспективу тѣхъ измѣненій, которымъ подверглась и впредь должна подвергнуться наша система, нежели всѣ другія возмущенія, выведенныя изъ наблюденій при помощи теоріи.

784. Годъ заключаетъ въ себѣ не полное число лунныхъ мѣсяцевъ, но двѣнадцать съ дробью. Допустимъ, что Солнце и Луна выступаютъ вмѣстѣ изъ соединенія; въ двѣ-

надцатое слѣдующее за нпмъ соединеніе Солнце не возвратится въ ту же точку своей годовой орбиты, но немного не дойдетъ до нея, а въ тринадцатое перейдетъ далѣе. Поэтому въ двѣнадцать лунныхъ мѣсяцевъ выиграшъ долготы въ теченіе первой половины года будетъ компенсированъ еще не вполне, а въ тринадцать уже съ излишкомъ. Въ двадцать шесть такихъ мѣсяцевъ излишекъ компенсаціи возрастетъ почти вдвое, въ тридцать девять—втрое, хотя и не столь близко, и такъ далѣе, до тѣхъ поръ, пока, по истеченіи извѣстнаго числа разъ тринадцати лунныхъ мѣсяцевъ, Солнце обгонитъ Луну на полуобращеніе, и по окончаніи слѣдующаго подобнаго періода начнетъ уже не удаляться отъ Луны, но приближаться къ ней. Съ этой поры, въ каждый послѣдующій циклъ, уничтожается часть избытка въ компенсаціи, пока Солнце не совершитъ цѣлаго лишняго круга. Отсюда возникаетъ подчиненное, или, правильнѣе, дополнительное неравенство, котораго періодъ содержитъ въ себѣ столько лѣтъ, на сколько нужно помножить недостающую дугу, чтобы составить цѣлую окружность. По истеченіи этого времени устанавливается болѣе точная компенсація, и такъ далѣе. Такимъ образомъ, въ умѣренное число лѣтъ, совершается почти полная компенсація, а если мы обнимемъ взглядомъ цѣлыя столѣтія, то и совершенно точная. По крайней мѣрѣ такъ было бы въ случаѣ, еслибы солнечный эллипсисъ оставался неизмѣннымъ. Но отъ вліянія планетъ на Землю этотъ эллипсисъ непрерывно, хотя и чрезвычайно медленно, измѣняется. Ось, правда, постоянна, но мѣняется эксцентрицитетъ и уменьшается съ древнѣйшихъ временъ; подобное уменьшеніе (почти нѣтъ повода къ сомнѣнію) будетъ продолжаться до совершеннаго уничтоженія эксцентрицитета, когда орбита Земли сдѣлается правильнымъ кругомъ; послѣ чего она опять станетъ вытягиваться въ эллипсисъ, эксцентрицитетъ начнетъ снова увеличиваться, достигнетъ опредѣленной умѣренной величины, и потомъ станетъ снова уменьшаться. Можно вычислить время, потребное на эти переходы, но вычисленіе было продолжено лишь на

столько, сколько нужно для удостовѣренія, что это время нельзя считать ни сотнями, ни тысячами лѣтъ. Короче сказать, въ сравненіи съ этимъ періодомъ исчезаетъ вся исторія астрономіи и человѣческаго рода, въ продолженіе которой можно считать всѣ перемѣны эксцентриситета равномерными. Вѣковое ускореніе Луны происходитъ именно отъ этого измѣненія эксцентриситета земной орбиты. Теперь понятно, что вышеупомянутая компенсація, даже по истеченіи столѣтій, не можетъ быть полная и совершенная, по причинѣ подобнаго медленнаго измѣненія существеннаго элемента. Шаги на пути уравниенія не тождественны и не равняются болѣе шагамъ на пути измѣненія. Борьба между противоположными стремленіями выходитъ неравная; и одно изъ нихъ вынуждено все время медленно уступать другому. Во все продолженіе уменьшенія эксцентриситета, противодѣйствіе преобладаетъ надъ дѣйствіемъ, и только по прекращеніи уменьшенія дѣло приметъ другой оборотъ, и начнется процессъ окончательнаго возстановленія. Между тѣмъ маленькій излишекъ некомпенсированнаго дѣйствія остается въ пользу ускоренія при каждомъ точномъ или приближенномъ повтореніи одинаковыхъ конфигурацій Солнца, Луны и солнечнаго перигея. Эти излишки накапливаются и наконецъ оказываютъ такое вліяніе на долготу Луны, котораго нельзя не замѣтить.

785. Описанное явленіе представляетъ новый разительный примѣръ распространенія періодическаго измѣненія въ одной части системы на другую. Планеты, за исключеніемъ одного случая, не имѣютъ ощутительнаго прямого вліянія на движеніе Луны относительно Земли. Ихъ массы слишкомъ малы, а разстоянія слишкомъ велики для того, чтобы разность между дѣйствіями на Луну и на Землю сдѣлалась замѣтною. Но такимъ образомъ ихъ вліяніе на земную орбиту переходитъ чрезъ посредство Солнца на орбиту Луны. Весьма замѣчательно, что это передаваемое косвенное вліяніе на уголъ, описываемый Луною вокругъ Земли, удобнѣе обнаруживается изъ наблюденій, нежели непосредственное вліяніе планетъ на уголъ, описываемый Землею около Солнца.

786. Разсужденіе, изложенное въ § 781, показываетъ, что если разстояніе Солнца отъ Земли періодически увеличивается и уменьшается не отъ эллиптическаго движенія, но вслѣдствіе какой-либо иной причины, то отъ подобнаго измѣненія возникаетъ лунное неравенство, имѣющее такой же періодъ и сходное съ годовымъ уравненіемъ. Такимъ образомъ самыя малыя перемѣны въ земной орбитѣ, происходящія отъ непосредственнаго вліянія планетъ (если только періоды ихъ долговременны, хотя собственно и не вѣковые), могутъ обнаруживаться въ движеніяхъ Луны. Дѣйствительно, долгота этого спутника, наблюдаемая съ Земли, очень чувствительна къ такого рода отраженнымъ дѣйствіямъ, которыя служатъ разительнымъ примѣромъ начала сотрясеній, изложеннаго въ § 693. Причину этого понять не трудно, принявъ въ соображеніе, что самое ничтожное приращеніе долготы, возникающее въ одно обращеніе отъ чрезмѣрно -, почти бесконечно-малаго приращенія угловой скорости, не только повторяется въ каждое послѣдующее обращеніе, но еще усиливается присоединеніемъ новой такой прибавки къ угловой скорости въ промежуткѣ. Этотъ процессъ продолжается до тѣхъ поръ, пока увеличивается угловое движеніе, и принимаетъ обратное направленіе лишь тогда, когда наступаетъ время противоположнаго вліянія на угловое движеніе; сперва уничтожается пріобрѣтенный до тѣхъ поръ излишекъ скорости, а потомъ уже обнаруживается замедленіе. Съ этой точки зрѣнія приращеніе долготы Луны относительно невозмущеннаго положенія, въ продолженіе его увеличиванія, можно сравнить съ пространствомъ, пробѣгаемымъ отъ точки покоя подъ вліяніемъ непрерывной ускорительной силы. Ежемгновенно пріобрѣтаемая скорость не только уноситъ тѣло впередъ въ каждое послѣдующее мгновеніе, но непрерывно поражаются еще новыя скорости, которыхъ вліяніе присоединяется къ совокупности всѣхъ предшествовавшихъ дѣйствій.

787. Разстояніе Земли отъ Солнца, равно какъ и разстояніе Луны отъ Земли, можетъ измѣняться въ своей сред-

ней величинѣ, выведенной изъ продолжительныхъ періодовъ, заключающихъ въ себѣ многія обращенія, двоякимъ образомъ, сообразно съ вышеизложенною теоріей. Во 1-хъ, оно можетъ измѣняться отъ той перемѣны въ длинѣ большой оси орбиты, которая происходитъ отъ непосредственнаго вліянія какой-либо касательной возмущающей силы на скорость, отчего мѣняется среднее движеніе и періодъ обращенія, на основаніи Кеплерова закона, по которому квадраты періодовъ обращеній пропорціональны кубамъ среднихъ разстояній. Во 2-хъ, оно можетъ измѣняться вслѣдствіе особаго дѣйствія на среднюю величину дѣйствительныхъ разстояній въ продолженіе цѣлаго обращенія, которое возникаетъ отъ измѣненій въ эксцентрицитетѣ и въ положеніи перигелія и производитъ тѣ измѣненія, которыя мы приписали эпохѣ. Происходящее такимъ образомъ измѣненіе въ среднемъ движеніи не имѣетъ ничего общаго съ измѣненіемъ большой оси. Оно подчиняется измѣненію разстояній не на основаніи Кеплерова закона *періодовъ*, но на основаніи закона *площадей*. Измѣненное среднее движеніе пропорціонально не квадратному корню изъ куба измѣненной оси эллипсиса, которая въ сущности вовсе не мѣняется, но обратно пропорціонально квадрату средней величины измѣненныхъ разстояній въ продолженіе обращенія; эту разницу необходимо твердо держать въ памяти для яснаго пониманія предмета и силы Ньютонова объясненія въ 6-мъ слѣдствіи знаменитаго 66-го предложенія. Впрочемъ, какимъ бы способомъ ни измѣнилось среднее движеніе, всегда справедливо, въ обыкновенномъ смыслѣ и принаровляясь къ особенностямъ случая, что каждое измѣненіе средняго движенія сопровождается соотвѣтственною перемѣной въ среднемъ разстояніи.

788. Мы видѣли въ § 769, что Венера производитъ въ долготѣ Земли возмущеніе, имѣющее такой продолжительный періодъ (240 лѣтъ), что, не нарушая обыкновенныхъ понятій, его слѣдуетъ разсматривать какъ уравненіе средняго движенія. Въ ту половину этого длиннаго періода, въ теченіе которой движеніе Земли замедляется, разстояніе Земли

отъ Солнца увеличивается, и наоборотъ. Несмотря на малую величину помянутаго уравненія и на незначительность соотвѣтствующаго измѣненія въ разстояніи Солнца, и какъ ни ничтожно оказываемое имъ вліяніе въ одинъ лунный мѣсяцъ на среднюю угловую скорость Луны, тѣмъ не менѣе, по причинѣ большаго числа лунныхъ мѣсяцевъ (1484), въ теченіе которыхъ вліяніе накапливается въ одномъ направленіи, оказывается, что въ то время, когда это накопленіе дошло до своей наибольшей величины, Луна замѣтно ушла впередъ противъ своего невозмущеннаго положенія, а именно на 23" по долготѣ, а по истеченіи новыхъ 1484 лунныхъ мѣсяцевъ, на столько же отстала назадъ. Утомительныя и многосложныя вычисленія, изъ которыхъ выведенъ этотъ результатъ, сдѣланы профессоромъ Гансеномъ, проницательности котораго мы обязаны и открытіемъ его причины.

789. Вышеописанное дѣйствіе Венеры не непосредственно; оно есть какъ бы отраженіе ея вліянія на орбиту Земли. Но тотъ же даровитый геометръ указалъ замѣчательный примѣръ ея вліянія на возмущеніе движенія Луны чрезъ посредство прямого притяженія, и вычислилъ происходящее отсюда неравенство ⁽¹⁾. Такъ какъ подробности его способа еще не были изданы, то мы можемъ только объяснить здѣсь въ общихъ чертахъ начало, отъ котораго зависитъ это неравенство, и свойство того особаго соотношенія между угловыми скоростями Земли и Венеры, вслѣдствіе котораго оно содѣлывается ощутительнымъ. Возмущающія силы Венеры на Луну, равно какъ и всѣ вообще силы, производящія возмущенія планетъ, могутъ быть представлены, или выражены рядами другихъ силъ, имѣющихъ каждая свой періодъ или циклъ, въ теченіе котораго она достигаетъ наибольшей величины въ одномъ направленіи, потомъ уменьшается до нуля, начинаетъ дѣйствовать въ обратномъ смыслѣ, достигаетъ наибольшей величины въ противоположномъ направленіи, умень-

⁽¹⁾ *Astronomische Nachrichten* № 597.

шается снова до нуля, снова начинает дѣйствовать въ обратномъ смыслѣ, и пріобрѣтаетъ опять свою первоначальную величину, и такъ далѣе. Эти циклы различны для каждаго члена въ выраженіи совокупности силъ, которыя, будучи разсматриваемы такимъ образомъ, распадаются на частныя силы; и говоря вообще, каждое сочетаніе, составленное вычитаніемъ кратнаго числа разъ средняго движенія одного тѣла изъ кратнаго числа разъ средняго движенія другаго тѣла, а если разсматриваются три взаимно другъ друга возмущающія тѣла, то каждое подобное тройное сочетаніе дѣлается, подъ техническимъ названіемъ аргумента, циклическимъ представителемъ силы, дѣйствующей сообразно описанному закону. Каждая изъ этихъ періодически дѣйствующихъ силъ производитъ свое возмущающее вліяніе, сообразно съ закономъ совмѣщенія малыхъ движеній, такъ, какъ будто бы другія силы вовсе не существовали. Если притомъ—что дѣйствительно имѣетъ мѣсто въ огромномъ большинствѣ случаевъ—особый циклъ которой-либо изъ этихъ частныхъ силъ не имѣетъ соотношенія съ періодомъ обращенія возмущаемаго тѣла, такъ что послѣднее не возвращается въ ту же точку своей орбиты, или въ положеніе благопріятствующее какой-либо формѣ возмущенія, всякій разъ когда сила дѣлается наибольшею, то эта сила въ нѣсколько обращеній сама уравнивается свое вліяніе, и отъ дѣйствія ея остаются только скоротечныя колебанія. Очевидно, что противное случается, когда циклъ силы совпадаетъ такъ близко съ цикломъ аномалистическаго обращенія Луны, что наибольшая величина касательной или нормальной силы, дѣйствующая въ одномъ и томъ же направленіи, повторяется въ совершенно-или почти-той же опредѣленной точкѣ орбиты, наиримѣръ въ апогей. Каково бы ни было вліяніе подобной силы на угловое движеніе Луны, если оно не вполне компенсируется въ продолженіе одного цикла ея дѣйствія, то это вліяніе накапливается, повторяясь каждый разъ при одинаковыхъ, или весьма сходныхъ обстоятельствахъ, въ теченіе многихъ послѣдовательныхъ обращеній, до тѣхъ поръ, пока, вслѣдствіе не совсѣмъ точнаго со-

гласія между этимъ цикломъ и аномалистическимъ періодомъ, наибольшая величина силы (въ томъ же фазисѣ дѣйствія) совпадаетъ съ точкою орбиты, условливающею противоположное вліяніе, наиримѣръ съ перигеемъ. Такимъ образомъ компенсація наконецъ восстанавливается, но во время тѣмъ болѣе продолжительное, чѣмъ менѣе разность между цикломъ силы и аномалистическимъ періодомъ Луны.

790. Дѣйствительно, въ случаѣ возмущенія Луны Венерою, встрѣчается циклическое сочетаніе этого рода. Возмущающая сила Венеры на Луну естественно измѣняется вмѣстѣ съ разстояніемъ планеты отъ Земли, а это разстояніе, въ свою очередь, зависитъ отъ конфигураціи планеты относительно Земли и Солнца, *сообразно съ эллиптичностью обѣихъ орбитъ*. Между сочетаніями, истекающими изъ послѣдняго соображенія, очевидно весьма сложными, встрѣчается чрезмѣрно малый членъ, котораго аргументъ или циклъ опредѣляется вычитаніемъ 16-кратнаго средняго движенія Земли изъ 18-кратнаго средняго движенія Венеры. Разность чрезвычайно близко равняется среднему движенію Луны въ ея аномалистическомъ обращеніи; послѣднее совершается въ $27^{\text{д}} 13^{\text{ч}} 18^{\text{м}} 32^{\text{с}},3$, а циклъ силы оканчивается въ $27^{\text{д}} 13^{\text{ч}} 7^{\text{м}} 35^{\text{с}},6$, и отличается отъ него только на $10^{\text{м}} 56^{\text{с}},7$, или на одну 3625-ю часть полного періода обращенія Луны отъ апогея до апогея. Въ теченіе весьма длиннаго промежутка, почти въ $136\frac{1}{2}$ лѣтъ, возмущенія, производимыя силой этого рода, постоянно возрастаютъ и накапливаются, а потомъ, въ теченіе слѣдующаго равнаго промежутка времени, уничтожаются. Поэтому, хотя дѣйствіе на угловое движеніе здѣсь чрезвычайно мало, но это вознаграждается числомъ повтореній актовъ накопленія и продолжительностію времени, въ теченіе котораго они дѣйствуютъ на долготу. Гансенъ нашелъ, что полная величина колебаній въ ту и другую сторону, или происходящее отсюда уравненіе лунной долготы равняется $27'',4$. Весьма любопытно замѣтить, что оба уравненія, разсмотрѣнныя въ послѣднихъ параграфахъ, удовлетворительно объясняютъ послѣднее разно-

гласіе между теоріей и наблюденіями въ новой исторіи этого доселѣ непокорнаго спутника. Мы не сочли нужнымъ излагать здѣсь другія, почти безсчетныя, лунныя неравенства (на что потребовался бы особый трактатъ), которыя были вычислены и приведены въ таблицы, и необходимо должны быть приняты въ расчетъ при каждомъ опредѣленіи положенія Луны по таблицамъ. Многія изъ нихъ гораздо болѣе вышеописанныхъ неравенствъ. Но мы не можемъ не замѣтить, что паралактическое неравенство, уже объясненное въ § 755, заслуживаетъ вниманія, какъ средство для измѣренія разстоянія Солнца. Мы видѣли, что это неравенство возникаетъ отъ того, что возмущающія силы не совсѣмъ одинаковы въ обѣихъ половинахъ лунной орбиты, ближайшей къ Солнцу, и отдаленнѣйшей отъ него, и что въ первой половинѣ всѣ онѣ имѣютъ болѣшую величину. Подобно тому какъ знаніе относительныхъ размѣровъ орбитъ Солнца и Луны даетъ средство вычислить *a priori* величину этого неравенства, такъ точно, наоборотъ, величина неравенства, выведенная изъ сравненія весьма многихъ положеній Луны по наблюденіямъ съ таблицами, заключающими въ себѣ всѣ неравенства кромѣ паралактическаго, даетъ средство опредѣлить отношеніе упомянутыхъ разстояній. По причинѣ малой величины паралактическаго неравенства, этотъ способъ не довольно точенъ для опредѣленія столь важнаго въ астрономіи элемента, каково разстояніе Солнца; но еслибъ она была значительнѣе (то-есть еслибъ орбита Луны была гораздо обширнѣе), то этотъ способъ представлялъ бы можетъ-быть самое вѣрное къ тому средство.

791. Самое большое лунное неравенство, возникающее отъ возмущенія, называется *эвекціей*. Оно происходитъ отъ измѣненія эксцентриситета лунной орбиты и отъ того колебанія въ ту и другую сторону линіи апсидовъ, движущейся вообще впередъ, которое возникаетъ вслѣдствіе различныхъ положеній Солнца относительно этой линіи (§§ 728, 734). Отъ вліянія этихъ причинъ, Луна бываетъ поочередно вперед и назадъ на $1^{\circ} 20' 30''$ относительно своего эллиптиче-

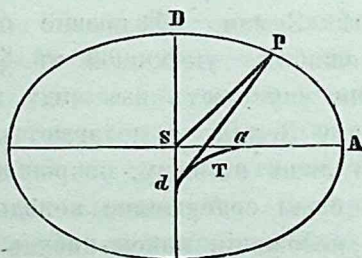
скаго положенія. Это уравненіе, извѣстное древнимъ, было открыто Птолемеемъ изъ сравненія длинныхъ рядовъ наблюденій, сдѣланныхъ въ первые вѣка астрономіи. Объясненіе того, какимъ образомъ дѣйствія этихъ причинъ неравенства соединяются вмѣстѣ и подчиняются одному главному общему аргументу, принадлежитъ спеціальнымъ трактатамъ о теоріи Луны и не можетъ быть предложено въ нашемъ сочиненіи.

792. Накопленіе вещества подъ земнымъ экваторомъ производитъ маленькія возмущенія въ лунной орбитѣ. Притяженіе шара таково, какъ будто бы все содержащееся въ немъ вещество было сосредоточено въ центрѣ; но притяженіе сфероида дѣйствуетъ иначе. Притяженіе подобной массы не въ точности направлено къ центру и не вполне сообразно закону обратной пропорціональности квадратамъ разстояній. Отсюда возникаетъ въ движеніи Луны рядъ возмущеній чрезвычайно малыхъ, но тѣмъ не менѣе ощутительныхъ и дѣйствующихъ на положеніе ея узла и перигея. Но самое замѣчательное слѣдствіе этой причины заключается въ небольшомъ колебаніи лунной орбиты, совершенно сходномъ съ колебаніемъ земнаго экватора, происходящимъ отъ дѣйствія Луны на тотъ же эллиптическій выступъ. Вообще нужно замѣтить, что въ системахъ планетъ, имѣющихъ спутниковъ, эллиптическая фигура центрального тѣла стремится привести орбиты спутниковъ въ совпаденіе съ его экваторомъ. Это стремленіе не велико у Земли, но у Юпитера, имѣющаго большую эллиптичность, и особенно у Сатурна, гдѣ вліяніе эллиптической формы тѣла планеты еще усиливается притяженіемъ колецъ, оно преобладаетъ надъ всѣми вѣшними и внутренними причинами возмущеній и производитъ почти совершенное совпаденіе помянутыхъ плоскостей. По крайней мѣрѣ такъ бываетъ съ ближайшими спутниками; болѣе отдаленные сравнительно менѣе подлежатъ вліянію этой причины, потому что различіе между притяженіемъ шара и сфероида быстро уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія. Поэтому орбиты всѣхъ внутреннихъ спутниковъ Сатурна лежатъ почти въ плоскости кольца и экватора планеты, между

тѣмъ какъ орбита наружнаго спутника, удаленнаго отъ Сатурна на разстояніе отъ шестидесяти до семидесяти діаметровъ планеты, значительно наклонена къ этой плоскости. Съ другой стороны, такое большое разстояніе, дозволяя спутнику сохранять настоящее наклоненіе орбиты, вмѣстѣ съ тѣмъ препятствуетъ ему оказывать своимъ притяженіемъ ощутительное возмущающее вліяніе на кольцо и экваторъ планеты, и сообщать имъ замѣтное движеніе, сходное съ земнымъ колебаніемъ и предвареніемъ. Если подобное движеніе существуетъ, то оно должно быть гораздо медленнѣе чѣмъ у Земли, ибо, сколько можно судить по видимой величинѣ, масса этого спутника составляетъ гораздо меньшую дробь массы Сатурна, нежели Луна сравнительно съ Землею. Солнечное предвареніе, по причинѣ огромнаго разстоянія Солнца, должно быть совершенно незамѣтно.

793. Приливы и отливы относятся болѣе къ физической географіи, нежели къ астрономіи, но такъ какъ они непосредственно связаны съ теоріей лунныхъ возмущеній, то мы не можемъ не предложить здѣсь нѣкоторыхъ объясненій, тѣмъ болѣе, что иные читатели встрѣчаютъ странное затрудненіе въ пониманіи ихъ происхожденія. Они находятъ весьма естественнымъ, что Солнце и Луна поднимаютъ своимъ притяженіемъ воды океана; но имъ кажется явною нелѣпостію, что въ то же время воды поднимаются на протіеоположной сторонѣ Земли. Дѣлающіе подобное возраженіе подвергаются ошибкѣ, указанной въ § 766, и состоящей въ томъ, что они упускаютъ изъ виду притяженіе возмущающаго тѣла на массу Земли, и полагаютъ, что все его вліяніе простирается лишь на воду, покрывающую ее поверхность. Еслибы Земля была совершенно неподвижна, и удерживалась бы въ этомъ положеніи какою-нибудь вышшею силой, а вода могла бы двигаться свободно, то дѣйствительно возмущающая сила скончила бы ее въ одномъ мѣстѣ, вокругъ вертикальной лінії, подъ возмущающимъ тѣломъ. Но воды поднимаются не отъ вліянія всего притяженія возмущающаго тѣла, но отъ разности его притяженій на воды, покрывающія обѣ стороны

поверхности, и на центральную массу; точно такимъ же образомъ какъ въ теоріи Луны, разность солнечныхъ притяженій на Луну и на Землю (считаемую подвижною и послушною той величинѣ притяженія, которая условливается ея положеніемъ) сообщаетъ Лунѣ *относительное* стремленіе удаляться отъ Земли въ соединеніи и въ противоположеніи, и приближаться къ ней въ квадратурахъ. Обратимся къ чертежу § 718, и положимъ, что $ADBЕ$ представляетъ не орбиту Луны, но сѣченіе сравнительно тонкаго слоя воды, покрывающей земной шаръ, по большому кругу, котораго плоскость проходитъ чрезъ возмущающее тѣло M , и пусть это тѣло будетъ Луна. Въ такомъ случаѣ, точно также какъ и въ теоріи Луны, величина и направленіе возмущающей силы, дѣйствующей на частицу P , выразятся линіей NS , въ томъ же размѣрѣ, въ какомъ SM представляетъ полное притяженіе Луны на частицу, находящуюся въ S . Эта сила, приложенная къ частицѣ P , побуждаетъ ее двигаться въ направленіи PX , параллельномъ NS , и слѣдовательно, совокупившись съ непосредственною силой тяжести, которая (если не обращать въ этой теоріи вниманія на сферическую форму Земли, по ничтожности ея вліянія) тянетъ P къ S , будетъ равнозначительна съ силою, отклоняющеюся отъ направленія PS къ X . Пусть PT будетъ направленіе этой силы, которая, какъ легко въ томъ увѣриться, направлена въ точку, лежащую на продолженіи DS , въ чрезвычайно-маломъ разстояніи книзу отъ S , потому что возмущающая сила чрезмѣрно мала въ сравненіи съ тяжестью⁽¹⁾.



Повторивъ то же самое для каждой точки квадранта AD ,

⁽¹⁾ По вычисленію Ньютона, наибольшая возмущающая сила Солнца на воды океана не болѣе одной 25736400-й части ихъ тяжести. Поэтому наи-

мы убѣдимся, что направленіе РТ составной силы всегда совпадаетъ съ направленіемъ касательной въ Т къ маленькой серповидной линіи ad , и что поверхность океана въ Р должна вездѣ быть перпендикулярна къ этой касательной, вслѣдствіе закона гидростатики, по которому поверхность жидкости, въ состояніи *равновѣсія*, должна быть всюду перпендикулярна къ направленію тяжести. Форма кривой DPA, съ которою должна сообразоваться поверхность океана, чтобы придти въ равновѣсіе подѣ влияніемъ обѣихъ дѣйствующихъ силъ, такова, что РТ вездѣ служитъ ей радіусомъ кривизны. Эта кривая имѣетъ нѣсколько меньшую кривизну въ D, и большую въ А, и есть эллипсисъ; въ S находится его центръ, кривая da служитъ ему разверткою, а SA и SD представляютъ соответственно его большую и малую полуось. Такимъ образомъ вся поверхность, въ предположеніи, что вся Земля покрыта водою, стремится принять въ состояніи равновѣсія форму эллипсоида, котораго большая ось направлена къ возмущающему тѣлу, а малая къ ней перпендикулярна. Разность между длиною и короткою осью подобнаго эллипсоида, происходящая вслѣдствіе влиянія луннаго притяженія, равняется 58 дюймамъ ($33\frac{1}{7}$ вершка); а въ эллипсоидѣ, возникающемъ отъ дѣйствія Солнца, эта разность почти въ $2\frac{1}{2}$ раза меньше, или около 23 дюймовъ (немного болѣе 13 вершковъ).

794. Допустимъ, что дѣйствуетъ одна Луна, не перемѣняющая своего положенія на орбитѣ; въ такомъ случаѣ, еслибы Земля не имѣла суточного движенія, образовался бы эллипсоидъ равновѣсія, и снова водворилось бы состояніе покоя. Но подобный эллипсоидъ не имѣетъ времени образоваться. Прежде чѣмъ воды примутъ надлежащій уровень, Луна уже подвинулась впередъ на своей орбитѣ, какъ

большая возмущающая сила Луны состоитъ къ этой дроби въ прямомъ отношеніи кубовъ разстояній Солнца и Луны отъ Земли, и въ обратномъ отношеніи массъ Солнца и Луны, то-есть, въ числахъ, какъ $(400)^3 \times 0,012517 : 354\,936$. Откуда выходитъ, что наибольшая возмущающая сила Луны на воды океана составляетъ около одной 11 400 000-й части тяжести, или слишкомъ въ $2\frac{1}{2}$ раза болѣе силы Солнца.

суточной, такъ и мѣсячной (въ этой теоріи, для удобства и ясности, суточное движеніе Земли приписываютъ Солнцу и Лунѣ въ противоположномъ направленіи), отчего вершина сфероида перемѣщается на земной поверхности, и океанъ-стремится къ новому положенію равновѣсія. Такимъ образомъ порождается чрезвычайно широкая и очень плоская волна (а не круговой *потокъ*), которая слѣдитъ, или стремится слѣдить за всѣми видимыми движеніями Луны, и, на основаніи закона совмѣщенія сотрясеній, должна подражать всѣмъ ея періодическимъ неравенствамъ, хотя и не въ синхроническіе періоды времени. Смотря по тому, касается ли волна береговъ своими высшими или низшими частями, бываетъ или приливъ, или отливъ.

795. Солнце производитъ точно такую же волну, которой вершина слѣдитъ за всѣми видимыми движеніями Солнца на небѣ и повторяетъ всѣ его періодическія неравенства. Эта солнечная волна существуетъ совмѣстно съ лунною волной; она иногда наплываетъ на нее, иногда переходитъ чрезъ нее такъ, что отчасти уравниваетъ ея вліяніе, сообразно съ ежемѣсячною синодическою конфигураціей обоихъ свѣтилъ. Подобныя взаимныя усиленія и уничтоженія солнечныхъ и лунныхъ приливовъ и отливовъ особенно замѣтны во время сизигій и квадратуръ; въ новолунія и полнолунія обѣ волны, лунная и солнечная, сливаются въ одну волну, которой общая высота есть сумма высотъ каждой изъ нихъ; во время же квадратуръ общая высота прилива равняется разности высотъ послѣднихъ. Хотя едва ли вычисленіемъ возможно опредѣлить съ точностію дѣйствительныя высоты приливовъ и отливовъ того и другаго рода, тѣмъ не менѣе ихъ отношеніе въ данномъ мѣстѣ вѣроятно близко подходитъ къ отношенію эллиптичностей соотвѣствующихъ имъ сфероидовъ, если могло установиться равновѣсіе. Эти эллиптичности солнечнаго и луннаго сфероида равняются соотвѣственно двумъ и пяти футамъ, такъ что среднимъ числомъ высота приливовъ и отливовъ въ новолуніе и полнолуніе относится къ ихъ высотѣ въ первой и третьей четверти какъ 7 къ 3, или около того.

796. Другое послѣдствіе сочетанія солнечныхъ и лунныхъ приливовъ и отливовъ называется ихъ *упрежденіемъ* и *запаздываніемъ*. Еслибы Луна существовала одна и двигалась бы въ плоскости экватора, то сутки прилива, то-есть промежутокъ времени между двумя послѣдовательными вращениями въ одно и то же мѣсто той же вершины волны, равнялись бы луннымъ суткамъ (§ 146), составленнымъ изъ соединенія звѣзднаго періода Луны съ суточнымъ обращеніемъ Земли. Равнымъ образомъ, еслибы существовало только Солнце, и еслибы оно двигалось всегда по экватору, то сутки прилива равнялись бы среднимъ солнечнымъ суткамъ. Настоящія же сутки прилива, или промежутокъ времени между двумя послѣдовательными совпаденіями двухъ наибольшихъ величинъ волнъ, измѣняются по мѣрѣ того, какъ обѣ отдѣльныя волны приближаются къ совпаденію или расходятся между собою, ибо когда вершины обѣихъ волнъ не совпадаютъ вмѣстѣ, тогда общая ихъ высота имѣетъ наибольшую величину въ промежуточной точкѣ. Такое отступленіе отъ равномерности въ продолжительности послѣдовательныхъ сутокъ прилива бываетъ особенно замѣтно около новолунія и полнолунія.

797. Совершенно отлично по происхожденію то уклоненіе времени самой высокой и низкой воды въ данномъ портѣ отъ времени кульминаціи обонхъ свѣтилъ, то-есть отъ теоретической наибольшей величины совпаденія обонхъ сферондовъ, которое называется *прикладнымъ часомъ* порта. Еслибы вода не имѣла косоности и не встрѣчала сопротивленія въ треніи на морскомъ днѣ, въ узкости и длинѣ каналовъ, чрезъ которые она приливаетъ въ порты, и проч., то оба времени совпадали бы въ одномъ мгновеніи. Но отъ вліянія каждой изъ этихъ причинъ возникаетъ разность, для каждаго порта различная. Опредѣленіе прикладнаго часа изъ наблюдений составляетъ весьма важный предметъ какъ для мореплаванія, такъ и въ теоретическомъ отношеніи, ибо оно приводитъ насъ къ познанію истиннаго распредѣленія волнъ прилива и отлива на поверхности земнаго шара. Въ наблю-

деніяхъ этого рода нужно тщательно отличать время *стол-
чей воды*, когда прекращается видимое теченіе воды въ ту
или въ другую сторону вслѣдствіе прилива и отлива, отъ
времени высокой или низкой воды, когда уровень поверхно-
сти не поднимается и не опускается. Оба явленія не имѣ-
ютъ ничего общаго и зависятъ отъ совершенно-различныхъ
причинъ, которыя иногда совпадаютъ во времени. Есть по-
водъ опасаться, что наблюдатели часто смѣшиваютъ ихъ ме-
жду собою; подобная ошибка влечетъ за собою величайшія
замѣшательства въ изслѣдованіи, имѣющемъ цѣлью подвести
систему приливовъ и отливовъ подъ опредѣленные и ясные
законы.

798. Склоненія Солнца и Луны существенно измѣня-
ютъ приливы и отливы въ данномъ мѣстѣ. Такъ какъ вер-
шина волны прилива стремится стать отвѣсно подъ произво-
дящимъ ее свѣтиломъ, то съ измѣненіемъ точки, въ кото-
рой эта вертикальная линія встрѣчаетъ поверхность Земли,
самая волна также мѣняетъ свое положеніе; отсюда возни-
каютъ мѣсячные и годовые періоды въ поочередномъ увеличи-
ваніи и уменьшеніи главныхъ приливовъ и отливовъ. Такимъ
образомъ періодъ обращенія лунныхъ узловъ также приобрь-
таетъ вліяніе на явленіе, потому что въ одну часть этого
періода склоненіе Луны на обѣихъ сторонахъ экватора дохо-
дитъ до 29° , а въ другую — только до 17° .

799. Геометрія доказываетъ, что сила, съ которою
свѣтило способно воздымать волны прилива и отлива, обратно
пропорціональна кубу его разстоянія. Солнце и Луна, по
причинѣ эллиптической формы ихъ орбитъ, бываютъ то далѣе
отъ Земли, то ближе къ ней, чѣмъ въ среднемъ разстояніи.
Вслѣдствіе этого вліяніе Солнца, если выразимъ числомъ 20 его
среднюю величину, колеблется между крайними предѣлами 19
и 21, а вліяніе Луны — между предѣлами 43 и 59. Принявъ
въ расчетъ эту причину разности, находимъ, что высшій приливъ
въ сизигіяхъ относится къ низшему приливу въ квадрату-
рахъ, какъ $59 + 21$ къ $43 - 19$, или какъ 80 къ 24,
или 10 къ 3. Впрочемъ, между всѣми причинами, дѣйстви-

ющими на высоту прилива, мѣстное положеніе оказываетъ наиболѣе вліянія. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ волна прилива, протекая сквозь узкій каналъ, поднимается внезапно до чрезвычайной высоты. Такъ, наприимѣръ, въ Аннаполисѣ, въ Фандійскомъ заливѣ (Bay of Fundy) въ Новой Шотландіи, она достигаетъ, какъ увѣряютъ, 120 футовъ. Даже въ Бристолѣ разность между уровнями воды во время прилива и отлива доходитъ иногда до 50 футовъ.

800. Помощію планетныхъ возмущеній, выводимыхъ изъ наблюденій и сравниваемыхъ съ теоріей, мы узнаемъ массы тѣхъ планетъ, которыя, не имѣя спутниковъ, не представляютъ къ тому много средства. Каждая планета производитъ возмущеніе въ движеніяхъ всѣхъ прочихъ планетъ, пропорціонально своей массѣ, и соразмѣрно съ болѣе или менѣе-выгодною степенью того вліянія на ихъ движенія, которое она пріобрѣтаетъ вслѣдствіе своего положенія въ системѣ. Последнее подлежитъ точному вычисленію, масса неизвѣстна, и можетъ быть выведена только изъ наблюденія ея дѣйствій. Впрочемъ, при опредѣленіи массъ планетъ этимъ путемъ, теорія подаетъ величайшую помощь наблюденіямъ: она указываетъ самыя выгодныя комбинаціи для вывода этого искомаго количества изъ множества совмѣстныхъ неравенствъ, имѣющихъ вліяніе на наблюдаемое положеніе планеты; она открываетъ законы періодическаго увеличиванія и уменьшенія каждаго неравенства, и обнаруживаетъ зависимость величины каждаго неравенства отъ производящей его массы. Такимъ образомъ числовая величина массы Юпитера, употребленная Лапласомъ и входящая во всѣ планетныя таблицы, была повѣрена помощію наблюденій надъ производимыми ею измѣненіями въ движеніяхъ ультразодіакальныхъ планетъ, и оказалось, что прежняя величина была ошибочна, потому что излишне довѣряли давнишнимъ наблюденіямъ надъ спутниками, сдѣланнымъ, при помощи не довольно точныхъ и сильныхъ инструментовъ, Поундомъ и другими астрономами. Возмущенія, производимыя Юпитеромъ въ кометѣ Энке, привели къ тому же заключенію и доставили почти ту же величину массы.

Ошибка имѣла чрезвычайную важность, потому что, послѣ Солнца, масса Юпитера есть самый вліятельный элементъ въ планетной системѣ. Эйри открылъ источникъ погрѣшности, отыскавъ ея причину въ неточности микрометрическаго измѣренія наибольшихъ элонгацій спутниковъ, и показалъ, что она исчезаетъ, когда наблюденія дѣлаются съ болѣе тщаніемъ и при помощи несравненно болѣе совершенныхъ снарядовъ.

801. Подобно тому какъ возмущенія планетъ приводятъ насъ къ познанію ихъ массъ въ сравненіи съ массою Солнца, такъ точно возмущенія спутниковъ Юпитера уже показали, а возмущенія спутниковъ Сатурна безъ сомнѣнія покажутъ въ послѣдствіи, отношеніе ихъ массъ къ массѣ соответствующаго центральнаго тѣла. Система спутниковъ Юпитера была внимательно изслѣдована Лапласомъ, и изъ сравненія его теоріи съ весьма-многочисленными наблюденіями затмѣній спутниковъ были опредѣлены ихъ массы, показанныя въ § 581. Теорія представляетъ не много удивительныхъ результатовъ, подобныхъ настоящему примѣру, въ которомъ маленькія частицы были взвѣшены на вѣсахъ, служившихъ для опредѣленія огромной массы Солнца, превосходящей ихъ въ отношеніи 65 000 000 къ 1.

802. Масса Луны опредѣляется, во первыхъ, изъ отношенія между лунными и солнечными приливами и отливами въ различныхъ мѣстахъ, для чего выводятъ на основаніи долго-временныхъ наблюденій ихъ отдѣльныя вліянія изъ сравненія относительныхъ высотъ приливовъ во время сизигій и квадратуръ, ибо эти высоты, какъ мы видѣли въ § 795, пропорціональны дѣйствіямъ Луны и Солнца; во вторыхъ, изъ колебанія, которое, какъ результатъ притяженія одной лишь Луны, даетъ возможность вычислить ея массу независимо отъ массы Солнца. Оба способа согласно показываютъ, что масса Луны составляетъ около одной семьдесятъ-пятой части массы Земли ⁽¹⁾.

(1) Лапласъ, *Exposition du Système du Monde*, стр. 285—300. Позднѣй-

803. Возмущенія въ другихъ тѣлахъ нашей системы не только доставили средства къ опредѣленію массы уже извѣстныхъ возмущающихъ тѣлъ, завѣдомо производящихъ возмущенія; но дали геометрамъ возможность удостовѣриться въ существованіи планеты дотолъ невѣдомой и указать ея положеніе съ такою точностію, что для открытія ея стоило только направить трубу на означенное мѣсто. Мы уже имѣли случай упомянуть (§ 542) объ этомъ великомъ открытіи; по его важности и тѣсная связь съ разсматриваемымъ предметомъ побуждаютъ насъ выкинуть подробнѣе въ сопровождавшія его обстоятельства. Когда изъ правильныхъ наблюденій Урана, послѣ его открытія въ 1781 году, элементы его сдѣлались до нѣкоторой степени извѣстными, тогда представилась возможность опредѣлить обратнымъ вычисленіемъ его положенія въ предшествовавшее время, чтобъ увѣриться, не планета ли были тѣ звѣзды одинаковой съ Ураномъ видимой величины, которыя наблюдалъ Флемстидъ и которыхъ въ послѣдствіи не оказалось на означенномъ имъ мѣстѣ. Открылось, что такихъ старыхъ наблюденій, какъ надъ звѣздою, было сдѣлано этимъ астрономомъ не менѣе шести,—одно въ 1690 г., одно въ 1712 г., и четыре въ 1715. Дальнѣйшія изслѣдованія показали, что Урана наблюдали еще Брэдли въ 1753 г., Майеръ въ 1756 г. и Лемонье не менѣе двѣнадцати разъ, въ 1750, 1764, 1768, 1769 и 1771 годахъ, ни мало не подозрѣвая, что видятъ предъ собою планету. Эти наблюденія, обстоятельно записанныя и сдѣланныя при пособіи лучшихъ въ то время снарядовъ, были вполне пригодны для исправленія элементовъ орбиты, которые, въ чемъ не трудно убѣдиться, опредѣляются тѣмъ точнѣе, чѣмъ обширнѣе дуга эллипсиса, обнимаемая крайними наблюденіями. Поэтому, не безъ основанія ожидали, что, пользуясь этими данными и принявъ въ расчетъ возмущенія, произведенныя съ 1690 года Сатурномъ, Юпитеромъ и нижними планетами,

нія изслѣдованія даютъ нѣсколько меньшую величину; теперь принимаютъ ее равною $\frac{1}{88}$.

можно будетъ получить такіе элементы, которые, въ соединеніи съ означенными возмущеніями, представляютъ всѣ наблюденія, какъ сдѣланныя до времени вычисленія, такъ и будущія, не менѣе удовлетворительно, чѣмъ подобныя вычисления согласуются съ наблюденіями прочихъ планетъ. Но надежды не оправдались. Буварь, одинъ изъ самыхъ опытныхъ и неутомимыхъ вычислителей, которыми гордится астрономія, рвенію и дѣятельности котораго мы обязаны употребляемыми доселѣ таблицами Юпитера и Сатурна, взявъ на себя трудъ составить такія же таблицы для Урана, и нашелъ невозможнымъ согласить помянутыя старыя наблюденія съ новыми, съ 1781 по 1820 годъ, такъ, чтобы всѣ ихъ можно было представить однимъ эллипсисомъ и одною системою возмущеній. Поэтому онъ совершенно исключилъ старыя наблюденія и основалъ свои вычисления только на новыхъ. Онъ сомнѣвался въ правомѣрности такого средства, и предоставилъ будущности рѣшить происходить ли затрудненія въ соглашеніи обонхъ рядовъ наблюденій отъ неточности старыхъ наблюденій, или отъ какого-нибудь незамѣченнаго вышшняго вліянія, дѣйствовавшаго на планету.

804. Вычисленные такимъ образомъ таблицы не представляли съ надлежащею точностію и послѣдующихъ наблюденій. Погрѣшность таблицъ, достигнувъ извѣстной величины, на которую истинная долгота Урана была впереди съ 1795 по 1822 годъ, начала около этого времени быстро уменьшаться, до 1830 — 31 года, когда табличная долгота оказалась одинаковою съ долготою, выведенною изъ наблюденій. Это согласіе не удержалось; планета начала отставать отъ мѣста, которое ей слѣдовало занимать по вычисленію, и отставала такъ быстро, что, очевидно, нельзя было долѣе оставаться при предположеніи, что таблицы представляютъ довольно близко законы ея движенія.

805. Читатель легко пойметъ свойство общаго хода этихъ разногласій, взглянувъ на фиг. 1 таб. VII, въ которой горизонтальная линія, или *абсцисса*, раздѣлена на равныя части, представляющія каждая 50° гелиоцентрической

долготы въ движеніи Урана вокругъ Солнца, а разстоянія между горизонтальными линиями изображаютъ каждое 100" погрѣшности въ долготѣ. Результатъ ежегодныхъ наблюденій, долготы Урана (т.-е. средняя величина изъ всѣхъ наблюденій сдѣланныхъ въ теченіе года) представленъ черною точкой, поставленною выше или ниже точки *абсциссы*, соответствующей средней долготѣ изъ наблюденій въ продолженіе года. Точка поставлена выше, когда наблюдаемая долгота была болѣе вычисленной,—ниже, когда она была менѣе послѣдней,—и на самой линіи, когда обѣ величины были согласны; притомъ разстояніе черной точки отъ горизонтальной линіи соответствуетъ разности между этими долготами по вышеозначенному масштабу ⁽¹⁾. Такъ, напримѣръ, старѣйшее наблюденіе Флемстида, въ 1690 году, означено точкою на разстояніи 65",9 выше линіи, потому что наблюдаемая долгота была тогда на столько болѣе вычисленной.

806. Если, не придерживаясь отдѣльныхъ точекъ, мы проведемъ, слѣдуя общему ихъ теченію, кривую, означенную на фигурѣ непрерывною линіей, то мы тотчасъ замѣтимъ нѣкоторую правильность въ ея изгибахъ. Она представляетъ два большія возвышенія и одно, почти столь же большое, промежуточное пониженіе относительно средней линіи, или абсциссы. Очевидно, что эти изгибы значительно бы уменьшились, а слѣдовательно и самыя погрѣшности сдѣлались бы гораздо менѣе, еслибы каждая точка была подвинута вертикально на такое разстояніе и въ такомъ направленіи, какъ означаютъ точки А, В, С, D, Е, F, G, H, кривой, пересекающей абсциссу въ точкахъ, отстоящихъ между собою на 180° и уклоняющихся одинаково въ обѣ отъ нея стороны. Такъ на-

(1) Точки помечены по сдѣланному Лаверрье сравненію длинныхъ рядовъ наблюденій Урана съ вычисленною имъ эфемеридой, основанною на подробномъ и тщательномъ пересмотрѣ таблицъ Буvara и строгомъ опредѣленіи возмущеній всѣхъ извѣстныхъ планетъ, имѣющихъ вліяніе на Урана. Разности долготъ показаны *геоцентрическія*, но для настоящей цѣли совершенно все равно, будемъ ли мы разсматривать *геліоцентрическія* погрѣшности долготъ, или *геоцентрическія*.

примѣръ, точка a , для 1750 года, приподнятая кверху, или къ b , на разстояніе, равное bc , почти совершенно совпала бы съ точкою b на абсциссѣ. Это служитъ яснымъ признакомъ тому, что большая часть разсматриваемыхъ здѣсь разностей происходитъ не отъ возмущеній, но просто отъ ошибки въ элементахъ Урана, положенныхъ въ основаніе вычисленія. Ибо точно такіе же излишки и недостатки въ долготахъ, чередующіеся на дугахъ въ 180° , возникли бы также отъ погрѣшности въ эксцентриситетѣ или въ положеніи перигелія, или въ обоихъ элементахъ вмѣстѣ. Въ слегка-эксцентрическихъ эллипсахъ истинная долгота бываетъ попеременно болѣе и менѣе средней, на протяженіи 180° для каждаго рода уклоненія, и чѣмъ значительнѣе эксцентриситетъ, тѣмъ шире бываютъ эти колебанія въ ту и въ другую сторону. Если принятая величина эксцентриситета планетной орбиты ошибочна, напримѣръ слишкомъ велика, то въ наблюдаемыхъ долготахъ обнаружатся меньшія колебанія относительно среднихъ долготъ, нежели въ вычисленіяхъ, и разность между первыми и послѣдними не будетъ всегда нуль, какъ бы слѣдовало, но станетъ поочередно принимать положительныя и отрицательныя величины, на протяженіи дугъ въ 180° . Итакъ разности, сообразныя съ этимъ закономъ, могутъ проистекать отъ ошибки въ эксцентриситетѣ, если только долготы, удаленныя между собою по предположенію на 180° , въ которыхъ эти разности уничтожаются, всегда совпадаютъ съ долготами перигелія и афелія; ибо въ эллиптическомъ, почти кругломъ движеніи, въ этихъ точкахъ истинная и средняя долгота одинаковы, такъ что подобныя колебанія, не удовлетворяющія этому условію, не могутъ происходить отъ погрѣшности въ эксцентриситетѣ. Долгота перигелія Урана, по элементамъ, принятымъ Буваромъ, круглымъ числомъ равняется 168° , а долгота афелія 348° . Въ нашемъ чертежѣ эти точки падаютъ соотвѣтственно въ π и α , то есть на половинѣ разстоянія между AC , CE , EG и проч. Итакъ очевидно, что разсматриваемыя колебанія возникаютъ преимущественно не отъ ошибки въ эксцентриситетѣ.

807. Изслѣдуемъ теперь вліяніе погрѣшности въ положеніи перигелія. Положимъ, что ox , черт. 2, таб. VII, представляетъ долготу планеты, а xy излишекъ истинной долготы планеты надъ среднею долготой, зависящей отъ эллиптической формы орбиты. Если мѣсто перигелія по долготѣ лежитъ въ R, а мѣсто афелія въ P, или въ T, то y помѣстится всегда на волнистой кривой PQRST выше PT, между R и T, и ниже—между P и R. Допустимъ, что перигелій передвинулся впередъ въ r , или что вся кривая перешла въ положеніе $pqrst$; тогда при той же долготѣ ox излишекъ истинной долготы надъ среднею будетъ xy' , или, другими словами, этотъ излишекъ, въ сравненіи съ своею прежнею величиной, уменьшится на количество yy' . Возьмемъ на oN (черт. 3, таб. VII) линію $oy = ox$, и $yy' = uy'$ на черт. 2, и построимъ такимъ образомъ кривую KLMNO: ордината yy' будетъ по прежнему изображать вліяніе, происходящее отъ допущеннаго перемѣщенія перигелія. Въ предположеніи, что эксцентрицитетъ очень малъ, эта кривая будетъ состоять изъ послѣдовательныхъ волнистыхъ, верхнихъ и нижнихъ вѣтвей, въ 180° амплитуды каждая, а точки L и N ея пересѣченій съ осью придутся въ долготахъ, соответствующихъ на первоначальныхъ кривыхъ точкамъ X, Y, лежащимъ между наибольшими величинами Q, q, и S, s, то-есть (если промежутки Qq, Ss, равны Rr, весьма малы) въ такомъ разстояніи отъ перигелія и афелія, которое почти равно 90° . Это согласно съ условіями нашего случая, и потому мы въ правѣ заключить, что бѣльшая часть разсматриваемыхъ погрѣшностей возникла отъ ошибки въ положеніи перигелія самого Урана, а не отъ возмущенія, и что для исправленія этой части погрѣшностей нужно по-двинуть перигелій немного впередъ. Имѣя въ виду только объясненіе дѣла, мы не имѣемъ надобности входить здѣсь въ изслѣдованіе самой величины передвиженія. Достаточно замѣтить, что эта величина должна сдѣлать кривую ABCDEFG сколь можно болѣе подобною кривой, опредѣляемой точками, и сблизить ихъ по возможности между собою. Исполнимъ

это, можно будет начертить кривую остальных разностей между наблюденіями и теоріей, какъ объяснено въ § 806.

808. Для этого въ каждой точкѣ линіи долготъ поставимъ ординату, равную разности ординатъ обѣихъ кривыхъ (черт. 1), когда ординаты лежатъ съ разныхъ сторонъ линіи абсциссъ, и равную ихъ суммѣ, когда онѣ находятся на одной сторонѣ: мы получимъ результатъ, означенный точками на фиг. 4. Очевидно, что разсматриваемыя разности еще болѣе уменьшатся, если мы замѣнимъ линію долготъ АВ линіей ab , слегка къ ней наклоненною. Въ такомъ случаѣ вся разница между теоріей и наблюденіями съ 1712 по 1800 годъ уничтожается, или по крайней мѣрѣ едва превышаетъ обыкновенныя погрѣшности наблюденій; что же касается наблюденія 1690 года, то остающаяся въ немъ разность въ $35''$ объясняется совершенно удовлетворительно не точностію наблюденій въ такое давнее время. Принять подобную новую линію долготъ значитъ допустить небольшую погрѣшность въ періодѣ обращенія и въ эпохѣ Урана; ибо ясно, что, начиная счетъ не отъ горизонтальной, но отъ наклоненной линіи, мы дѣйствительно измѣняемъ всѣ остальные видимыя погрѣшности на величину пропорціональную времени, остающемуся до срока или считаему отъ срока пересѣченія обѣихъ линій (около 1789 г.). Направленіе этой поправки ясно обнаруживается теченіемъ точекъ; ибо если счетъ ведется отъ АВ, или линіи съ нею параллельной, то наблюдаемая планета наконецъ все болѣе и болѣе отстаетъ отъ вычисленной; это значитъ, что средняя угловая скорость по таблицамъ слишкомъ велика и должна быть уменьшена, или что нужно увеличить періодъ обращенія.

809. Увеличивъ періодъ и начавъ, сообразно съ этою перемѣной, считать долготы по ab , а остальные разности отъ этой же линіи, а не отъ АВ, мы сдѣлаемъ все возможное для уменьшенія этихъ разностей; подобная мѣра оказывается столь успѣшною до 1804 года, что не остается повода подозрѣвать существованіе какой-либо возмущающей силы. Но съ этой поры появляется вліяніе постепенно-

увеличивающееся и ускоряющее движеніе по долготѣ, вслѣдствіе чего Уранъ, до 1822 года, непрерывно уходитъ впередъ противъ своего эллиптическаго положенія; а съ этого срока ускореніе, достигнувъ наибольшей величины, начинаетъ быстро уменьшаться и продолжаетъ измѣняться въ томъ же смыслѣ до настоящаго времени. Очевидно, что въ промежуткѣ стала дѣйствовать какая-нибудь внѣшняя причина, которой прежде не существовало, или которая была такъ слаба, что не могла обнаружить своего вліянія замѣтнымъ дѣйствіемъ, и что эта причина около 1822 г. прекратилась, или, правильнѣе, возымѣла обратное вліяніе, болѣе сильное нежели предшествовавшее прямое.

810. Таковъ простѣйшій видъ, въ которомъ мы можемъ *теперь* представить явленіе. Изъ различныхъ гипотезъ, придуманныхъ для его объясненія съ тѣхъ поръ, какъ оно стало обнаруживаться, самую вѣроятною казалась гипотеза существованія внѣшней планеты, которая, сообразно съ законами планетныхъ возмущеній, возмущаетъ движеніе Урана, или, правильнѣе, соединяетъ свое вліяніе съ притяженіями Юпитера и Сатурна, которые одни изъ числа всѣхъ старыхъ планетъ оказываютъ ощутительное возмущающее дѣйствіе на Урана. Подобное объясненіе естественно и почти необходимо представлялось всѣмъ знакомымъ съ планетными возмущеніями геометрамъ, обращавшимъ вниманіе на этотъ предметъ. Но мысль воспользоваться замѣченными неправильными отклоненіями, и опредѣлить на ихъ основаніи разстояніе и положеніе неизвѣстнаго тѣла, или, другими словами, рѣшить обратную задачу возмущеній: *по даннымъ возмущеніямъ найти орбиту возмущающей планеты и ея положеніе на этой орбитѣ*, только двумъ математикамъ, Адамсу въ Англіи и Леверрье во Франціи, казалась столь опредѣлительною и благонадежною, что побудила ихъ приступить къ рѣшенію. Оба достигли успѣха, и рѣшенія, къ которымъ они пришли, совершенно независимо, каждый не имѣя никакихъ свѣдѣній о попыткахъ другаго, оказались удивительно согласными, принимая въ расчетъ трудности задачи. По

вычисленію Леверрье, геліоцентрическая долгота возмущающей планеты 23 сентября 1846 г. должна была равняться $326^{\circ}0'$, а по вычисленіямъ Адамса, приведеннымъ къ тому же времени, $329^{\circ}19'$, съ разницею только въ $3^{\circ}19'$; плоскость орбиты должна была имѣть очень малое наклоненіе къ эклиптикѣ, если не совсѣмъ совпадать съ нею.

811. Въ этотъ навсегда памятный въ исторіи астрономіи день, Галле, одинъ изъ астрономовъ королевской берлинской обсерваторіи, получилъ отъ Леверрье письмо, въ которомъ онъ сообщалъ ему свой результатъ и просилъ его поискать возмущающую планету близъ мѣста, указаннаго его вычисленіями. Галле исполнилъ желаніе Леверрье и дѣйствительно нашелъ ее *въ ту же ночь*. Онъ вмѣстѣ съ Энке усмотрѣлъ звѣзду восьмой величины, въ такомъ мѣстѣ, въ которомъ не было показано звѣзды на картѣ Бремккера, незадолго передъ тѣмъ изданной Берлинскою академіей. Въ слѣдующую ночь они замѣтили, что звѣзда перемѣстилась, и не оставалось сомнѣнія, что это планета. Но дальнѣйшія наблюденія и вычисленія вполне доказали, что эта планета, получившая названіе Нептуна, дѣйствительно то самое тѣло, котораго возмущающее притяженіе, на основаніи Ньютонова закона тяготѣнія, произвело замѣченныя неправильности въ движеніи Урана. Геоцентрическая долгота, опредѣленная Галле изъ перваго наблюденія, равнялась $325^{\circ}53'$, что по приведенія въ геліоцентрическую долготу даетъ $326^{\circ}52'$, и отличается отъ мѣста, указаннаго Леверрье, только на $52'$, а отъ положенія Адамса — на $2^{\circ}27'$, и только на $47'$ отъ средней величины изъ обоихъ вычисленій.

812. Предѣлы нашей книги и ограниченныя математическія свѣдѣнія, которыя мы въ правѣ предполагать у нашихъ читателей, позволяютъ намъ дать лишь поверхностное понятіе о томъ пути, которому слѣдовали эти геометры въ своихъ трудныхъ изысканіяхъ. Достаточно сказать, что они приняли за неизвѣстныя искомыя массу и всѣ элементы отыскиваемой планеты (предполагая, что она обращается въ одной плоскости и въ одномъ направленіи съ

Ураномъ), за исключеніемъ большой полуоси. Последняя, на основаніи закона Бода (§ 541), тогда еще весьма благонадежнаго, была предположена вдвое болѣе полуоси орбиты Урана, или равною 38,364 радіусамъ земной орбиты. По причинѣ особеннаго вида аналитическаго выраженія возмущеній, безъ помощи подобнаго предположенія, аналитическія изслѣдованія были бы сопряжены, кажется, съ непреодолимыми затрудненіями. Сверхъ того необходимо было считать также неизвѣстными, или по крайней мѣрѣ подлежащими неизвѣстнымъ поправкамъ, одинаковаго порядка съ возмущеніями, элементы самаго Урана. Необходимость этого условія будетъ очевидна, когда мы замѣтимъ, что принятія величины элементовъ Урана были приближенныя, и несомнѣнно заключали въ себѣ погрѣшности, ибо положенія планеты, изъ которыхъ они были выведены, необходимо, по крайней мѣрѣ отчасти, подлежали вліянію разсматриваемыхъ возмущеній. Это соображеніе, хотя и неизбѣжное, чрезвычайно усложняло и затрудняло изслѣдованіе. Зная ось (а слѣдовательно и среднее движеніе) для одной планеты, и принявъ гипотетическую величину для оси другой, можно было, въ каждое данное мгновеніе, выразить полную величину возмущенія членами, частію алгебраическими и частію арифметическими, при помощи общихъ формулъ, предложенныхъ въ Лапласовой *Mécanique Celeste* и въ другихъ сочиненіяхъ. Эти возмущенія, будучи приложены вмѣстѣ съ поправками, зависящими отъ измѣненныхъ элементовъ самаго Урана, къ табличнымъ долготамъ, дали, при сравненіи съ наблюденіями, рядъ *уравненій*, въ которыя элементы и масса Нептуна и поправки элементовъ Урана вошли какъ *неизвѣстныя*, и которыхъ рѣшеніе, сопряженное съ немалыми аналитическими затрудненіями, привело къ опредѣленію этихъ величинъ. Вычисленія были повторены, и вмѣстѣ съ тѣмъ было уменьшено принятое разстояніе новой планеты, потому что изъ несогласія между данными и вычисленными результатами оказалось, что оно предположено слишкомъ большимъ, когда послѣ подобнаго измѣненія результаты стали согласіе, а

самое рѣшеніе вышло удовлетворительнѣе. Такимъ образомъ были найдены слѣдующіе элементы неизвѣстной планеты:

	Леверрье.	Адамсъ.
Эпоха элементовъ	1 января 1847 г.	6 октября 1846 г.
Средняя долгота въ эпоху.	318° 47', 4	323° 2'
Большая полуось.	36,1539	37,2474
Эксцентриситетъ.	0,107610	0,120615
Долгота перигелія.	284° 45', 8	299° 11'
Масса (принимая массу Солнца = 1)	0,00010727	0,00015003

Элементы Леверрье выведены изъ наблюдений, сдѣланныхъ до 1845 г.; Адамсъ остановился на наблюденияхъ 1840 г. Въ послѣдствіи, принявъ въ соображеніе наблюденія новаго пятилѣтія до 1845 г., онъ пришелъ къ заключенію, что должно еще болѣе уменьшить полуось, и что среднее разстояніе въ 33,33, относящееся къ разстоянію Урана какъ 1 : 0,574, вѣроятно удовлетворитъ очень близко всѣмъ наблюденіямъ ⁽¹⁾.

813. Прилежныя наблюденія, сдѣланныя надъ планетою послѣ ея открытія, скоро показали, что среднее разстояніе еще меньшее, нежели послѣдняя величина, выведенная Адамсомъ, лучше согласуется съ движеніемъ Нептуна. Лишь только успѣли опредѣлить изъ непосредственныхъ наблюдений элементы достаточно точные для того, чтобы можно было назначить на небѣ предшествовавшій путь Нептуна въ теченіе значительнаго промежутка времени, какъ тотчасъ же увѣрились, что Лаландъ наблюдалъ эту планету, считая ее за звѣзду, 8-го и 10-го мая 1795 г. Последнее наблюденіе

⁽¹⁾ Такъ говорилъ Адамсъ въ письмѣ къ королевскому астроному Эйри, отъ 22 сентября 1846 года, то-есть за три недѣли до оптическаго открытія планеты.

было отброшено имъ какъ сомнительное по причинѣ разногласія съ предыдущимъ, вслѣдствіе собственнаго движенія Нептуна въ промежуткѣ. Изъ этихъ наблюденій, въ соединеніи съ наблюденіями, собранными вновь, профессоръ Уокеръ (Walker) въ Соединенныхъ Штатахъ вывелъ слѣдующіе элементы:

Эпоха элементовъ	1 января 1847 г., въ средній гриничскій полдень
Средняя долгота въ эпоху.	$328^{\circ} 32' 44''$, 2
Большая полуось	30,0367
Эксцентриситетъ	0,00871946
Долгота перигелія	$47^{\circ} 12' 6''$, 50
Долгота восходящаго узла	$130^{\circ} 4' 20''$, 81
Наклоненіе	$1^{\circ} 46' 58''$, 97
Періодъ обращенія	164,6181 тропическихъ года
Годовое среднее движеніе	2° , 18688

814. При видѣ рѣзкаго несогласія между этими элементами и элементами Леверрье и Адамса, естественно рождается вопросъ, какимъ образомъ столь далекіе отъ истины элементы могли дать сколько-нибудь удовлетворительное объясненіе разсматриваемыхъ возмущеній и указать съ такою точностію истинное положеніе планеты на небѣ? Что касается послѣдняго, то при помощи получасоваго вычисленія не трудно удостовѣриться, что оба ряда элементовъ дають, для дня открытія, не только почти истинное положеніе планеты по долготѣ, указанное въ § 806, но доставляютъ разстоянія отъ Солнца сравнительно гораздо точнѣйшія нежели среднія разстоянія, или полуоси соответствующихъ имъ орбитъ. Такъ, напримѣръ, вычисленный для этого дня, на основаніи элементовъ Леверрье, радіусъ-векторъ Нептуна равняется не 36,1539 (среднему разстоянію), но почти въ точности 33; и дѣйствительно, принявъ въ соображеніе, что по этимъ элементамъ разстояніе въ перигеліѣ равняется 32,2634, изъ долготы перигелія оказывается, что вся дуга орбиты слишкомъ въ 83° , описанная въ промежуткѣ съ 1806 по 1847 годъ, лежитъ съ той или съ другой стороны перигелія на протяженіи 42° , и что слѣдовательно во всемъ этомъ промежуткѣ гипотетическая планета движется въ разстояніи отъ Солнца, не выходящемъ изъ предѣловъ 32,6 и 33,0. Слѣдующая сравнительная

таблица относительных положений Урана, Нептуна и гипотетической планеты, открываетъ яснѣ всякихъ объясненій близкое сходство между движеніями двухъ послѣднихъ планетъ въ теченіе этого промежутка. Долготы показаны гелиоцентрическія (¹).

	Уранъ.		Рад.-векторъ.	Леверрье.		Адамсъ.	
	Долгота.	Долгота.		Долгота.	Рад.-векторъ.	Долгота.	Рад.-векторъ
1805,0	197 ^o ,8	235 ^o ,9	30,3	241,2	33,1	246,5	34,2
1810,0	220 ,9	247 ,0	30,3	251,1	32,8	255,9	33,7
1815,0	243 ,2	258 ,0	30,3	261,2	32,5	265,5	33,3
1820,0	264 ,7	268 ,8	30,2	271,4	32,4	275,4	33,1
1821,0	269 ,0	271 ,0	30,2	273,5	32,3	277,4	33,0
1822,0	273 ,3	273 ,2	30,2	275,6	32,3	279,5	33,0
1823,0	277 ,6	275 ,3	30,2	277,6	32,3	281,5	32,9
1824,0	281 ,8	277 ,4	30,2	279,7	32,3	283,6	32,9
1825,0	285 ,8	279 ,6	30,2	281,8	32,3	285,6	32,8
1830,0	306 ,1	290 ,5	30,1	292,1	32,3	296,0	32,8
1835,0	326 ,0	301 ,4	30,1	302,5	32,4	306,3	32,8
1840,0	345 ,7	312 ,2	30,1	312,6	32,6	316,3	32,9
1845,0	365 ,3	323 ,1	30,0	322,6	32,9	326,0	33,1
1847,0	373 ,3	327 ,6	30,0	326,5	33,1	329,3	33,2

815. Изъ этой таблицы видно, что Уранъ пришелъ въ соединеніе: съ Нептуномъ—въ 1822 году или предъ самымъ его началомъ, съ планетою, вычисленною Леверрье,—въ началѣ слѣдующаго 1823 года, а съ планетою Адамса—въ концѣ 1824 г. Поэтому, объ теоретическія планеты, особенно планета Леверрье, во все продолженіе упомянутого промежутка должны были дѣйствовать своимъ притяженіемъ на Урана, почти въ томъ же направленіи, въ которомъ дѣйствовалъ Нептунъ. Что же касается напряженности соответствующихъ возмущающихъ силъ, то, опредѣливъ эти силы на основаніи правилъ, изложенныхъ въ § 654, для времени соедине-

(¹) Вычисленіе продолжено только до десятихъ частей градуса, что вполне достаточно для нашей цѣли.

нія, и для начала 1805 и 1845 года, найдемъ, что знаменатели дробей, представляющихъ полную возмущающую силу NS, въ предположеніи, что притяженіе Солнца на Урана равно единицѣ, будутъ въ каждомъ случаѣ слѣдующіе:

		1805.	Соединеніе	1845.
Масса Нептуна	по Пирсу $\frac{1}{19840}$	27540	7508	32390
	по Струве $\frac{1}{14496}$	20244	5519	23810
Масса теоретической планеты Леверрье.	$\frac{1}{9322}$	20837	5193	19935

Показанныя здѣсь массы Нептуна выведены профессоромъ Пирсомъ и Струве изъ наблюдений, сдѣланныхъ большими мюнхенскими рефракторами въ Кэмбриджѣ, въ Соединенныхъ Штатахъ, и въ Пулковѣ, надъ спутникомъ, открытымъ Ласселемъ. Эти массы очень различны, какъ того слѣдовало ожидать отъ результатовъ столь трудныхъ микрометрическихъ измѣреній, и въ настоящее время нельзя рѣшить, которая изъ нихъ заслуживаетъ предпочтенія. Сравненіе послѣднихъ чиселъ съ числами, соответствующими массѣ Струве, представляетъ такое согласіе, болѣе котораго нельзя и ожидать, въ разсматриваемомъ промежуткѣ.

816. При такой неопредѣленности въ массѣ Нептуна, должно допустить, что теоретическая планета Леверрье представляетъ съ тою точностію, которой можно ожидать отъ столь-тонокхъ изслѣдованій, все подробности движенія и возмущающаго дѣйствія Нептуна, въ теченіе сорока лѣтъ, отъ 1805 до 1845 года,—промежутокъ, заключающій въ себѣ рядъ самыхъ значительныхъ вліяній, какъ то явствуется изъ быстрого уменьшенія силъ на обѣихъ сторонахъ соединенія, обнаруживаемаго предыдущими числами. Для совершенной очевидности нужно построить кривыя, представляющія нормальныя и касательныя силы, по правиламъ, показаннымъ (для нормальной союзной) въ § 760, лишь съ однимъ небольшимъ измѣненіемъ, которое, въ настоящемъ случаѣ, много способствуетъ ясности пониманія. Предположивъ, что сила LS (черт. § 760) приложена къ P въ направленіи LS, по-

строимъ кривую нормальной силы, проводя чрезъ P (фиг. 5, таб. VII) линіи PW , всегда перпендикулярныя къ возмущаемой орбитѣ AP въ P , измѣряемая отъ P въ томъ же направленіи, въ которомъ L лежитъ относительно S , и равныя длинѣ LS . При такихъ условіяхъ, PW представляетъ всегда величину и направленіе нормальной силы, дѣйствующей въ P . Равнымъ образомъ, если мы станемъ проводить линіи PZ , касательныя къ возмущаемой орбитѣ въ P , равныя NL на вышепомянутомъ чертежѣ, и измѣряемая отъ P по тому же направленію, въ которомъ находится L относительно N , то PZ будетъ представлять величину и направленіе касательной силы, дѣйствующей въ P . Такимъ образомъ составятся оба любопытные овала, представленные на таб. VII въ собственномъ имъ видѣ, и въ тѣхъ размѣрахъ, которые они принимаютъ въ настоящемъ случаѣ. Кривая $SWmXSaSnSbSW$, изображающая нормальную силу, имѣетъ четыре лопасти, пересѣкающіяся въ общей имъ всѣмъ точкѣ S ; а кривая $AZcfBedYAZ$, выражающая касательную силу, составлена изъ четырехъ взаимно пересѣкающихся вѣтвей, окружающихъ возмущаемую орбиту и прикасающихся къ ней въ четырехъ точкахъ $ABcd$. Нормальная сила дѣйствуетъ кнаружи, какъ въ соединеніи, такъ и въ противоположеніи, во всѣхъ частяхъ орбиты, соотвѣтствующихъ частямъ m и n , лежащимъ внѣ возмущаемой орбиты, и вовнутрь во всѣхъ прочихъ частяхъ. Фигура ясно обнаруживаетъ большую несоразмѣрность между напряженностію этой силы въ соединеніи и во всѣхъ прочихъ конфигураціяхъ планетъ; ея чрезвычайно быстрое уменьшеніе по мѣрѣ приближенія P къ различной точкѣ (которой положеніе отстоитъ съ каждой стороны соединенія на дугу въ $35^\circ 5'$, описываемую синодически Ураномъ въ 16, 72 года); и ея сравнительно-краткую продолжительность и происходящую отъ того неспособность причинить какое-либо значительное возмущеніе тамъ, гдѣ ея дѣйствіе, направленное вовнутрь, имѣетъ наибольшую напряженность въ тѣсныхъ частяхъ орбиты, соотвѣтствующихъ лопастямъ a , b , въ которыхъ линія, представляющая силу,

направленную вовнутрь, болѣе радіуса круга. Фигура не менѣе наглядно показываетъ постепенное развитіе, быстрое уменьшеніе и уничтоженіе касательной силы отъ точекъ безразличія c , d , съ обѣихъ сторонъ до соединенія, въ которомъ ея дѣйствіе пзвращается, производя ускоряющее вліяніе на дугѣ dA , и замедляющее на дугѣ Ac , имѣющихъ каждая амплитуду въ $71^{\circ}20'$ и описываемыхъ синодически Ураномъ въ 34,00 года. Незначительность касательной силы въ отдаленныхъ отъ соединенія конфигураціяхъ, на протяженіи дуги cBd , ясно выражается сравнительно-малымъ развитіемъ вѣтвей e , f .

817. Разсмотримъ теперь, какимъ образомъ дѣйствіе этихъ силъ производитъ вліяніе, представляемое нашею кривою (фиг. 4, табл. VІІ). Прямо видно, что увеличиваніе долготы съ 1800 по 1822 годъ, прекращеніе этого увеличиванія въ 1822 году, и его превращеніе въ уменьшеніе въ теченіи слѣдующаго промежутка времени, вполне согласно съ возрастаніемъ, быстрымъ умаленіемъ, уничтоженіемъ въ соединеніи и слѣдующимъ за тѣмъ дѣйствіемъ въ обратномъ смыслѣ касательной силы; и не остается сомнѣнія въ томъ, что болѣшая часть возмущенія, выражаемаго возвышеніемъ и пониженіемъ кривой съ 1800 по 1845 годъ, — во всемъ что есть симметричнаго въ ея теченіи съ обѣихъ сторонъ 1822 года, происходитъ отъ дѣйствія касательной силы.

818. Но спрашивается, не имѣла ли вліянія на замѣченныя дѣйствія нормальная сила, которая, какъ показываетъ фиг. 5, почти вдвое могущественнѣе касательной силы, и не имѣяетъ, подобно ей, своего направленія въ соединеніи, а напротивъ того имѣетъ здѣсь наибольшую напряженность? Отвѣчаемъ: очень мало въ періодъ наблюденій до 1845 года. Дѣйствіе касательной силы на долготу прямое и непосредственное (§ 703), а дѣйствіе нормальной силы — косвенное, постепенное и накапливающееся съ теченіемъ времени (§ 777). Вліяніе касательной силы на *среднее движеніе* возникаетъ вслѣдствіе измѣненій, производимыхъ ею въ оси, и бываетъ преходящаго свойства, потому что обрат-

ное дѣйствіе послѣ соединенія (въ предположеніи, что орбита круглая) вполнѣ уничтожаетъ все предшествовавшее дѣйствіе, и въ среднемъ движеніи не остается измѣненій. При прохожденіи чрезъ соединеніе, касательная сила производитъ внезапное и значительное ускореніе, за которымъ слѣдуетъ столь же внезапное и значительное замедленіе, и этимъ ея дѣйствіе ограничивается, не оставляя по себѣ слѣда въ дальнѣйшемъ движеніи планеты, ибо ея дѣйствіе въ перигеліѣ на эксцентрицитетъ точно также уничтожается извращеніемъ направленія. Нормальная сила дѣйствуетъ совершенно иначе. Ея непосредственное вліяніе на угловую скорость — *нуль*. Ея вліяніе на угловую скорость дѣлается ощутительнымъ лишь тогда, когда послѣ ея достаточно-продолжительнаго дѣйствія замѣтно измѣняется разстояніе возмущаемой планеты отъ Солнца, и не прежде какъ по обнаруженіи полнаго дѣйствія вовнутрь, отъ одной точки безразличія до другой, когда эта сила уже оказала свое наибольшее вліяніе на удаленіе возмущаемой планеты отъ Солнца, и произвела все то вліяніе на уменьшеніе угловой скорости, которое она въ состояніи причинить. Замедляющее дѣйствіе на долготу этого вліянія продолжается долго послѣ того, какъ нормальная сила уже получила обратное направленіе и перемѣнила свою большую напряженность, направленную кнаружи, на слабую, обращенную вовнутрь. Нѣкоторая часть этого возмущенія падаетъ на эпоху, какъ было объяснено въ § 774 и слѣд., и постоянно возмущаетъ среднее движеніе сравнительно съ тою величиной, которую оно имѣло бы при отсутствіи Нептуна. Остальная часть вліянія компенсируется въ одно синодическое обращеніе, не обратнымъ дѣйствіемъ силы, — ибо послѣднее слишкомъ слабо для этой цѣли, — но постояннымъ измѣненіемъ эксцентрицитета, которое, если ось одинакова, уравниваетъ меньшимъ разстояніемъ въ одной части орбиты большее разстояніе въ другой. Со времени соединенія протекло еще не довольно времени для того, чтобы вліяніе этой силы успѣло обнаружиться во всей очевидности. Но начало вліянія обозначается несомнѣнно тѣмъ, что наша кривая (фиг. 4)

опускается быстрее послѣ соединенія, нежели поднимается предъ этою эпохой, что означаетъ начало ряда волнистыхъ извилинь въ ея будущемъ эллиптическомъ теченіи, вслѣдствіе измѣненнаго эксцентрицитета и перигелія (какъ полнаго и окончательнаго вліянія этой союзной возмущающей силы), что продолжится лѣтъ до 20-ти предъ будущимъ соединеніемъ, за исключеніемъ нѣкоторыхъ незначительныхъ неравенствъ около времени противоположенія, сходныхъ по свойству съ неравенствами, которыя мы сейчасъ разсматривали, но гораздо меньшихъ по величинѣ.

819. Потомство едва ли повѣритъ, чтобы при полной извѣстности всѣхъ обстоятельствъ столь важнаго открытія, имѣя предъ собою вычисленія Леверрье и Адамса, зная, что предсказанное мѣсто было сообщено Галле и что новая планета была дѣйствительно найдена послѣднимъ въ этомъ мѣстѣ, какъ было описано выше, можно еще было сомнѣваться въ благонадежности вычисленій этихъ геометровъ и въ справедливости ихъ заключеній; тѣмъ не менѣе сомнѣніе нѣкоторыхъ противниковъ дошло до того, что они приписали простому случаю открытіе неизвѣстной планеты въ указанномъ положеніи на небѣ и въ опредѣленное заранее время ⁽¹⁾.

(1) Сомнѣніе, кажется, родилось частію отъ большого несогласія между предсказаннымъ и вычисленными элементами Нептуна, частію отъ близкой (*можетъ-быть* и точной) соизмѣрности между движеніями Нептуна и Урана. Мы полагаемъ, что оно произошло отъ совершенно-ложнаго пониманія свойства задачи, которая, на основаніи столь невѣрныхъ указаній, каковы выведенныя изъ наблюденій несогласія, не могла привести къ астрономическому опредѣленію оси, эксцентрицитета и массы возмущающей планеты, но должна была только указать мѣсто, гдѣ слѣдовало ее искать. По открытіи планеты не трудно было опредѣлить элементы гораздо точнѣе. Всякія величины *оси, эксцентрицитета, перигелія и массы*, представляющія, хотя и грубо, напряженность возмущающей силы, но изображающія *довольно правильно* ея направленіе, въ теченіе того ограниченаго промежутка времени, въ продолженіе котораго отклоненія отъ теоріи сдѣлались значительны, могли равно служить для предположенной цѣли. Располагая величинами эксцентрицитета, массы и перигелія, очевидно можно принимать для оси различныя величины между предѣлами 30 и 38 и даже отодвинуть еще далѣе нижній предѣлъ. Должно согласиться, что попытки Леверрье назначить низшій предѣлъ для оси и найденная имъ величина ея не совсѣмъ удачны. Съ дру-

Послѣ всего сказаннаго выше не трудно увѣриться читателю, какое вліяніе на успѣшный исходъ вычисленій можно приписать случаю. Время открытія, по мнѣнію нѣкоторыхъ, также зависѣло, въ значительной степени, отъ счастливаго совпаденія. Слѣдующія соображенія должны, по нашему мнѣнію, вполне разсѣять подобную мысль, если она не совѣтъ еще покинута читателями, мало знакомыми съ предметомъ. Періодъ обращенія Урана продолжается 84,0140 года, а Нептуна 164,6181 года; ихъ синодическое обращеніе (§ 450), или промежутокъ между двумя послѣдовательными соединеніями, равняется 171,58 года. Последнее соединеніе случилось около начала 1822 года, а предшествовавшее ему соединеніе — въ 1649 году, слишкомъ за 40 лѣтъ до перваго дошедшаго до насъ наблюденія Урана въ 1690 году, и гораздо ранѣе его открытія какъ планеты. Поэтому, въ 1690 году Уранъ не подлежалъ никакому, заслуживающему вниманія возмущающему вліянію и оставался въ такомъ положеніи въ теченіе всего промежутка до 1800 года. Съ этой поры дѣйствіе возмущенія сдѣлалось замѣтнымъ, около 1805 года очевиднымъ, а въ 1820 году почти достигло своей наибольшей величины. Въ это время астрономы устремили вниманіе на это явленіе. Пора наибольшей величины еще не наступила, и столь важное въ астрономіи явленіе шло далѣе на пути своего развитія, когда этотъ фактъ, самъ по себѣ не весьма поразительный, былъ замѣченъ, и возбудилъ сѣтованія. Но не настало еще время для успѣшнаго изслѣдованія его причины. Все зависѣло отъ точнаго опредѣленія эпохи наибольшей величины, когда возмущающая и возмущаемая планеты находи-

гой стороны, Адамсъ, не увлекаясь тѣми соображеніями, которыя казались важными первому геометру, окончательно опредѣлялъ ось, *до открытія планеты*, какъ мы видѣли, довольно близко къ истинѣ. Впрочемъ, для удовлетворенія обѣихъ сторонъ, желательно, чтобы кто-нибудь предпринялъ рѣшить задачу снова, не пользуясь такими формулами, которыя переходятъ черезъ безконечность и которыя, говоря технически, не допускаютъ, или могутъ не допускать приложенія обыкновенныхъ формулъ возмущенія въ случаѣ соизмѣренности.

лись въ соединеніи, и отъ закона возрастанія и умаленія самаго возмущенія съ каждой стороны этой точки. Всегда бываетъ трудно вывести время, соотвѣтствующее наибольшей величинѣ, изъ такихъ наблюденій, которыхъ погрѣшности значительны въ сравненіи съ размѣрами наблюдаемыхъ величинъ. До истеченія нѣсколькихъ лѣтъ послѣ 1822 года нельзя было опредѣлять эту эпоху съ нѣкоторою достовѣрностію; что же касается закона уменьшенія и амплитуды дуги долготы, на протяженіи которой возмущенія значительны, то и въ настоящую пору едва ли возможно опредѣлить ихъ при помощи однихъ лишь наблюденій. Во всемъ этомъ нѣтъ ничего случайнаго, если мы не согласимся считать за случай, что событіе, которое должно было совершиться между 1781 и 1953 годомъ, дѣйствительно совершилось въ 1822 году, и что мы живемъ въ такомъ вѣкѣ, когда астрономія достигла совершенства, а астрономы такъ бдительны, что подобное явленіе не могло пройти незамѣченнымъ и важное его значеніе въ наукѣ не могло не быть оцѣнено. За развитіемъ цвѣта слѣдили внимательно и плодъ сорвали лишь только онъ успѣлъ созрѣть ⁽¹⁾.

820. Въ предшествовавшихъ главахъ мы исчислили и описали различныя, доселѣ извѣстныя тѣла нашей системы, и показали, какимъ образомъ опредѣляется ихъ разстояніе отъ центральнаго тѣла, ихъ движенія вокругъ него и ихъ массы, какъ относительно массы Солнца, такъ и въ сравненіи съ массою

(1) Читатель, желающій убѣдиться въ томъ, что возмущенія Урана Нептуномъ, вычисленные на основаніи извѣстныхъ теперь элементовъ и массы этой планеты, довольно близки къ истинѣ, найдетъ ихъ вполне въ вычисленіяхъ Уокера (въ Вашингтонѣ въ Соединенныхъ Штатахъ), помѣщенныхъ въ *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, т. I, стр. 334 и слѣд. Разсматривая сравненіе результатовъ формулъ Уокера съ результатомъ теоріи Адамса на стр. 342, читатель, вѣроятно, будетъ удивленъ огромною разностію между дѣйствіями на долготу Урана Нептуна и гипотетической планеты Адамса. Причина объясняется легко: Адамсовы возмущенія представляютъ отклоненія отъ Буваровой орбиты Урана, какъ она была извѣстна до послѣдняго соединенія; возмущенія Уокера представляютъ отклоненія отъ средней невозмущенной орбиты, освобожденной отъ вліянія неравенства, возникающаго вслѣдствіе близкой соизмѣрности движеній.

Земли, принимаемою за единицу; но мы умолчали о средствахъ, служащихъ для сравненія этой единицы съ массою, вѣсомъ и коэностию тѣхъ частей вещества Земли, которымъ мы орудуемъ на ея поверхности. Полный вѣсъ всей Земли, т. е. число во сколько разъ вся ея масса болѣе фунта свинца или другого вещества, пли, другими словами, ея средняя плотность, при извѣстномъ въ точности объемѣ, — вотъ число, которое остается опредѣлить въ настоящемъ сочиненіи, которое должно дополнить собою наши свѣдѣнія о данныхъ всей системы и тѣсно связать астрономію съ обыкновенною механикой. Приступаемъ къ объясненію способовъ, которые ведутъ къ этой цѣли.

821. Здѣсь прямо представляется уму cadaго изслѣдователя приложеніе начала, основаннаго на непосредственномъ измѣреніи, если только оно возможно, притяженія извѣстной массы на другую массу, находящуюся въ извѣстномъ отъ нея разстояніи. Мы оговорились возможностью, ибо, какія бы мы ни имѣли предварительныя понятія о вѣсѣ Земли, выраженномъ въ фунтахъ, пли въ тонахъ, очевидно, что онъ долженъ быть огроменъ; притомъ, такъ какъ изъ закона тяготѣнія слѣдуютъ ⁽¹⁾, что притяженіе шаровъ равной плотности на точки, лежащія на ихъ поверхности, пропорціональны радіусамъ, то притяженіе шара, имѣющаго въ діаметрѣ одинъ футъ, и плотность, равную средней плотности Земли, на вещественную точку своей поверхности составляетъ только одну 41 849 280-ю часть вѣса этой вещественной точки, и слѣдовательно притяженіе такого шара на другое сферическое тѣло, діаметромъ также въ одинъ футъ, находящееся съ нимъ въ соприкосновеніи, составляетъ только одну 167 397 120-ю часть вѣса этого тѣла. Когда дѣло идетъ о столь-чрезмѣрно-малыхъ дробяхъ, то все обыкновенныя приемы для непосредственнаго измѣренія силы и вѣса оказываются недостаточными, и все пособія изобрѣтатель-

(1) Ньютонъ, *Principia*, книга I, предлж. 72.

ности и искусства не только остаются тщетными для ихъ точнаго измѣренія, но даже не могутъ ихъ обнаружить.

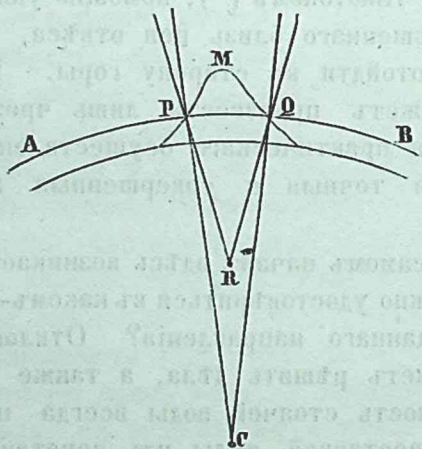
822. Первый и простѣйшій способъ къ полученію результата въ увеличенномъ размѣрѣ представляется въ возможномъ увеличеніи притягивающей массы, и слѣдовательно въ замѣнѣ искусственной сферы какою-нибудь естественною массой, самой удобной формы. Интегральное исчисленіе предлагаетъ средства вычислить притяженіе тѣла всякаго объема и формы, составленнаго изъ извѣстнаго вещества, на какую-либо вѣшнюю точку; отсюда естественно родилась мысль воспользо-ваться, какъ притягивающимъ тѣломъ, большою горой, возможно-правильной формы, и измѣрить ея притяженіе, по началу, указанному Ньютономъ ⁽¹⁾, помощію уклоненія отъ вертикальности повѣшеннаго близъ нея отвѣса, который необходимо долженъ отойти въ сторону горы. Но такъ какъ и огромная гора можетъ произвести лишь чрезвычайно малое уклоненіе, то для пракческаго осуществленія этой мысли требуются самыя точныя и совершенныя астрономическія наблюденія.

823. При самомъ началѣ здѣсь возникаетъ вопросъ: какимъ образомъ можно удостовѣриться въ какомъ-нибудь мѣстѣ въ вертикальности даннаго направленія? Отклоненный отвѣсъ, очевидно, не можетъ рѣшить дѣла, а также и уровень, потому что поверхность стоячей воды всегда перпендикулярна къ направленію составной силы изъ сочетанія всѣхъ дѣйствующихъ на нее силъ, или, другими словами, всегда перпендикулярна къ направленію отклоненнаго отвѣса. Изъ такого затрудненія насъ выручаютъ наши свѣдѣнія о фигурѣ и размѣрахъ Земли. Нельзя сдвинуть гору, чтобъ узнать, въ какомъ положеніи остановится отвѣсъ или уровень въ ея отсутствіи, но можно перейти на противоположную сторону и опредѣлить изъ наблюденій надъ звѣздами не измѣнилось ли направленіе отвѣса болѣе или менѣе чѣмъ слѣдовало бы

(1) *Treatise on the System of the world in a popular way*, 1728.

ожидать отъ известной перемѣны въ положеніи наблюдателя на земной поверхности.

Пусть M будетъ гора, AB кругъ широты, проходящій чрезъ оба мѣста наблюденія P и Q при ея подошвѣ, или правильнѣе, на той высотѣ ея склона, которая соотвѣтствуетъ наибольшему боковому притяженію. Положимъ, что въ каждомъ изъ этихъ мѣстъ дѣлаются наблюденія подвижнымъ зенитнымъ секторомъ надъ зенитнымъ разстояніемъ какой-нибудь звѣзды, проходящей въ очень-близкомъ разстояніи отъ зенита горы (чтобы наблюденія были свободны отъ вліянія какихъ-либо неправильностей въ величинѣ преломленія). Еслибы не существовало боковаго притяженія, то отъ



вѣсы обохъ мѣстъ были бы прямо направлены къ центру кривизны C земнаго сфероида (§ 228), и содержащійся между ними уголъ PCQ равнялся бы разности широтъ обохъ мѣстъ. Такъ какъ размѣры и эллиптичность Земли вообще известны, то эту разность можно еще опредѣлить тригонометрическою съемкой, измѣривъ базу и выведя, помощію триангуляціи (§ 293 и слѣд.), меридіональное разстояніе PQ , которое, по приведеніи въ секунды широты, дастъ искомую разность. Еслибы не было боковаго притяженія, то эта разность равнялась бы разности полученныхъ изъ наблюденій

зенитныхъ разстояній; но оказывается противное. Гора съ обѣихъ сторонъ притягиваетъ отвѣсъ вовнутрь и заставляетъ его принять направленія PR , QR , составляющія между собою уголъ бѣльшій угла PCQ , и потому, вычитя изъ этой разности наблюдаемыхъ зенитныхъ разстояній разность широтъ, выведенную независимо по указанному способу, получимъ въ остаткѣ сумму уклоненій къ сѣверу и къ югу, происходящихъ отъ некомаго притяженія. Послѣ того нужно измѣрить гору, составить ея модель, собрать минералогическіе образцы со всѣхъ ея доступныхъ частей, и опредѣлить ихъ удѣльный вѣсъ; и такимъ образомъ не безъ пространныхъ вычисленій—пбо дѣло это не легкое—мы узнаемъ полное боковое притяженіе, выраженное въ единицахъ опредѣленной мѣры: такою единицею можетъ, напримѣръ, служить притяженіе сферы, вѣсомъ въ одинъ фунтъ, на точку, отстоящую на одинъ футъ отъ ея центра. Сумма всѣхъ подобныхъ единицъ, приведенныхъ къ горизонтальному направленію, есть полное боковое притяженіе горы, и относится къ полному вертикальному притяженію Земли, какъ тангенсъ уклоненія къ радіусу: за уклоненіе должно принимать соответствующую часть всей измѣренной наблюденіями разности, раздѣленной пропорціонально вычисленнымъ притяженіямъ для каждаго изъ мѣстъ P и Q .

824. Этотъ процессъ сопряженъ съ большими трудами и расходами, потому что требуетъ совершенныхъ снарядовъ и содѣйствія нѣсколькихъ опытныхъ наблюдателей. Его повторяли неоднократно. Французскіе академики, Бугеръ и Лакондаминъ, въ продолженіе своихъ измѣреній дуги меридіана въ Перу (§ 225), производили подобнаго рода наблюденія на Шимборазо въ 1738 году. Впрочемъ, средства, которыми они пользовались, не могли доставить опредѣлительнаго результата, хотя они и нашли уклоненіе почти въ $11''$. Мэсклинъ, въ 1774 году, дѣлалъ наблюденія на горѣ Скехалленъ (Schhallen) въ Шотландіи, имѣющей только 3000 футовъ вышины, но представляющей кромѣ выгоднаго положенія еще другія удобства для опытовъ этого рода. Труды его были

успѣшны; оказалось, что совокупность боковыхъ уклоненій на обѣихъ сторонахъ горы, вслѣдствіе мѣстнаго притяженія, простиралась до $11'',6$; откуда, вычисленіями доктора Гаттона и позднѣйшими профессора Плейфэйра, выведенъ тотъ заслуживающій нѣкотораго довѣрія результатъ, что средняя плотность Земли въ $4,713$ разъ болѣе плотности воды на поверхности. Недавно сдѣланъ еще рядъ наблюденій директоромъ топографическаго отдѣленія, полковникомъ Джэмсомъ, на Артуровомъ Тронѣ близъ Эдинбурга ⁽¹⁾, изъ которыхъ обнаружилось уклоненіе въ $2'',21$ на сѣверной, и въ $2'',00$ на южной сторонѣ этой горы, и выведена средняя плотность Земли въ $5,316$.

825. Наблюденіе времени качанія маятника (§ 244) даетъ непосредственно мѣру силы, дѣйствующей вертикально книзу на качающуюся массу. Отсюда слѣдуетъ, что изъ точнаго опредѣленія этого времени на вершинѣ и при подшвѣ какой-нибудь горы или возвышеннаго плоскогорія мы узнаемъ притяженіе массы горы или плоскогорія, лежащей отвѣсно подъ качающимся тѣломъ. Тяжесть, уменьшающаяся въ обратномъ отношеніи квадратовъ разстояній, слабѣетъ отъ увеличиванія этого разстоянія въ такомъ отношеніи, которое можно точно вычислить, зная высоту верхняго мѣста наблюденія; и слѣдовательно, еслибы маятникъ качался на этой высотѣ ничѣмъ не поддерживаемый въ воздухѣ, то приращеніе времени размаха, при такихъ обстоятельствахъ, можно было бы въ точности опредѣлить вычисленіемъ. Но маятникъ качается на горѣ, возвышающейся надъ уровнемъ земнаго сфероида, и потому притяженіе всей ея массы присоединяется къ уменьшенной силѣ общей тяжести и препятствуетъ послѣдней потерпѣть такую утрату въ своей напряженности при уровнѣ моря, какую она претерпѣла бы въ случаѣ, еслибы гора не оказывала притяженія. Опыты этого рода были сдѣланы италіянскими астрономами Плана и Карлини

(1) *Philosoph. Transactions* 1856 г. стр. 591.

на горѣ Сени въ Савойѣ, и въ результатѣ всѣхъ вычисленій найдено для средней плотности Земли 4,950.

826. Въмѣсто того чтобы подниматься выше, можно также опускаться ниже общаго уровня моря и наблюдать маятникъ на большой глубинѣ, напримѣръ, въ глубокихъ рудоконияхъ. Ньютонъ доказалъ, что притяженіе сферическаго однороднаго слоя на всякую точку, лежащую внутри, равно нулю ⁽¹⁾, ибо въ такомъ положеніи вещественная точка во всѣхъ направленіяхъ притягивается одинаково. Поэтому, опускаясь ниже поверхности, мы освобождаемся отъ притяженія всего сферическаго слоя, лежащаго надъ точкою, въ которой производится наблюденіе, и притяженіе остальной части сферы дѣйствуетъ такъ, какъ будто бы вся внутренняя масса была сосредоточена въ центрѣ. Последнее можетъ быть и менѣе и болѣе чѣмъ притяженіе всей Земли на точку своей поверхности. Оно должно быть менѣе, если Земля однородна, или имѣетъ всюду одинаковую плотность; ибо Ньютонъ доказалъ, что въ такомъ случаѣ притягательныя силы цѣлой сферы и внутренней сферы пропорціональны ихъ радіусамъ. Но если внутреннія части Земли плотнѣе наружныхъ (какъ то должно быть, если предшествовавшіе результаты сколько-нибудь приближаются къ истинѣ), то оно можетъ быть болѣе. Опытъ былъ повторенъ три раза королевскимъ астрономомъ Эйри. Первые два опыта были произведены въ долкоатскомъ (Dolcoath) рудникѣ въ Корнуоллѣ, на глубинѣ 1200 футовъ, для чего часы и маятникъ нѣсколько разъ переносили поочередно со дна шахты къ ея выходу. Обѣ попытки были безуспѣшны: въ первый разъ случайно загорѣлся тюкъ съ снарядами, когда его поднимали кверху, и упалъ на дно шахты рудника; а во второй разъ обрушилась во время опыта скала, въ нѣсколько разъ большая Вестминстерскаго Аббатства, затопила рудникъ водою и принудила прекратить преждевременно наблюденія. Третій опытъ (въ Гартонскомъ угольномъ колодцѣ (Harton Coal Pit), близъ Соутъ-

(1) *Principia*, книга I, предл. 70.

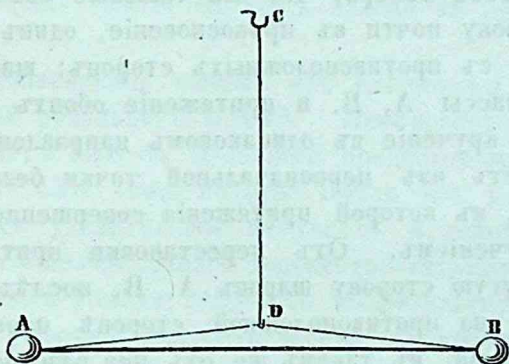
Шильдса (South-Chields), на глубинѣ 1200 футовъ) имѣлъ полный успѣхъ. Важное затрудненіе въ передачѣ времени было совершенно устранено тѣмъ, что для сравненія размаховъ маятника въ глубинѣ шахты съ маятникомъ часовъ, стоявшихъ наверху, удары послѣдняго передавались непосредственно электрическою проволокой. Въ результатѣ опыта оказалось, что маятникъ, показывавшій секунды при входѣ въ шахту, уходилъ на ея днѣ въ сутки на $2\frac{1}{4}$ секунды, откуда, при помощи недавно изданныхъ вычисленій ⁽¹⁾, вывели среднюю плотность Земли 6,565.

827. Эти различные результаты значительно разнятся между собою; даже промежутокъ между послѣднимъ числомъ и наибольшимъ изъ предшествовавшихъ результатовъ все еще довольно великъ; впрочемъ, онъ какъ бы наполняется результатами весьма любопытныхъ опытовъ совершенно иного и болѣе искусственнаго рода, о которыхъ мы будемъ говорить. Изъ § 243 видно, что тяжесть можно непосредственно сравнивать съ другими вещественными силами при помощи упругости пружины. Что было справедливо для притяженія всей массы Земли, не менѣе справедливо и относительно притяженія всякой вещественной массы, напримѣръ, свинцоваго шара. Его можно измѣрить напряженіемъ пружины, при соблюденіи трехъ слѣдующихъ условій: во первыхъ, пружина должна быть такъ чувствительна, чтобы можно было замѣтить и измѣрить вліяніе такой чрезвычайно слабой силы; во вторыхъ, эта сила должна быть приложена такъ, чтобы пружина сгибалась исключительно отъ ея вліянія, и поэтому сила должна дѣйствовать на нее не вертикально, но горизонтально, для устраненія вліянія вѣса пружины на результатъ; и третьихъ, необходимо имѣть способъ для непосредственнаго измѣренія упругости самой пружины. Всѣмъ этимъ условіямъ удовлетворяютъ вѣсы крученія, изобрѣтенные для подобнаго изслѣдованія Мичеллемъ и приложенные къ этой

(1) *Philosoph. Transactions* 1856 г., стр. 297.

цѣли, послѣ его смерти, Кавендишемъ, въ знаменитомъ такъ-называемомъ «Кавендишевомъ опытѣ» (1).

828. Приборъ состоитъ изъ деревяннаго, легкаго и вмѣстѣ съ тѣмъ очень крѣпкаго прута, поддерживающаго на своихъ концахъ два равные шара А, В, и повѣшеннаго въ



горизонтальномъ положеніи на нити, прикрѣпленной къ точкѣ, лежащей надъ его центромъ тяжести. Нить берется не толще, чѣмъ нужно для поддержанія груза, и привязывается, какъ показано на чертежѣ, чтобъ облегчить отъ вѣса шаровъ прутъ, котораго все назначеніе заключается лишь въ удержаніи шаровъ въ данномъ горизонтальномъ разстояніи. Когда прутъ повѣшенъ въ С и приходитъ въ состояніе равновѣсія, невозмущаемый никакою внѣшнею силой, тогда очевидно положеніе его таково, что нить свободна отъ крученія; но когда, при вертикальности СD, прутъ выводится какимъ-либо возмущеніемъ изъ этого положенія, тогда начинаетъ дѣйствовать упругость нити, возбужденная крученіемъ, и стремится съ силою, пропорціональною углу крученія, привести обратно прутъ въ первоначальное положеніе.

(1) *Philosoph. Transact.* 1798 г., стр. 469. Кавендишъ прямо утверждаетъ, что Мичелль изобрѣлъ этотъ прекрасный снарядъ и сообщилъ ему свое открытіе прежде изданія изслѣдованій Кулона.

Возмущенный пруть, предоставленный самому себѣ, начинаетъ качаться взадъ и впередъ по горизонтальнымъ дугамъ, и совершаетъ всѣ качанія въ равное время. Опредѣливъ изъ наблюдений время качанія, и зная вѣсъ шаровъ и прута, можно опредѣлить, по началамъ динамики, *движущую силу*, которою нить дѣйствуетъ на шары, или силу крученія. Представимъ себѣ теперь, что два тяжелые свинцовые шара ставятся съ боку почти въ прикосновеніе, одинъ съ А, другою съ В, но съ противоположныхъ сторонъ: шары стануть притягивать массы А, В, и притяженіе обоихъ шаровъ сообщитъ нити крученіе въ одинаковомъ направленіи. Точка покоя перейдетъ изъ первоначальной точки безразличія въ другую точку, въ которой притяженія совершенно уравниваются крученіемъ. Отъ перестановки притягивающихъ шаровъ на другую сторону шаровъ А, В, послѣдніе придутъ въ равновѣсіе на противоположной сторонѣ первоначальной точки безразличія, въ такомъ же отъ нея разстояніи какъ и прежде; такъ что величина уклоненія удвоится и можетъ быть наблюдаема на масштабѣ по указанію острія, прикрѣпленнаго къ концу прута, въ трубу, поставленную въ нѣкоторомъ отдаленіи, дабы приближеніе наблюдателя не причинило возмущенія.

829. На практикѣ наблюденіе не такъ просто, какъ описано выше. Шары почти никогда не бываютъ совершенно спокойны, и точку безразличія приходится опредѣлять изъ наблюдений концовъ дугъ качаній, непрерывно уменьшающихся отъ сопротивленія воздуха. А когда начинаютъ дѣйствовать притягивающіе шары, то ихъ притяженіе, дѣйствуя съ боку, обратно пропорціонально квадратамъ разстоянія, сливается съ силою крученія, и порождаетъ смѣшанный законъ силы, подъ вліяніемъ котораго времена, скорости и дуги являются въ другомъ между собою соотношеніи, нежели подъ вліяніемъ одного лишь крученія, и котораго точное изслѣдованіе сопряжено съ весьма-сложными вычисленіями. Къ счастью, чрезмѣрно малая величина притягивающихъ силъ избавляетъ отъ необходимости строго рѣшать задачу и позво-

ляется довольствоваться очень простымъ и быстрымъ приближеніемъ, совершенно достаточнымъ для предположенной цѣли. Множество другихъ возмущающихъ вліяній, возникающихъ отъ воздушныхъ токовъ, поражаемыхъ разностию въ температуръ, должно быть устранено; отчего опытъ дѣлается чрезвычайно труднымъ и требуетъ такихъ предосторожностей, которыхъ одно перечисленіе завело бы насъ далеко за предѣлы нашей книги ⁽¹⁾.

830. Кавендишъ вывелъ изъ сдѣланнаго имъ опыта окончательный результатъ 5,480. Профессоръ Рейхъ, повторившій опытъ еще съ бѣльшими предосторожностями, нашелъ число 5,438; еще позднѣе Бэйли изъ ряда опытовъ, доказывающихъ удивительное искусство и терпѣніе въ преодолѣніи почти безчисленнаго множества затрудненій для достиженія полного успѣха, получилъ въ результатъ 5,660,—число, безъ сомнѣнія, заслуживающее предпочтенія передъ двумя предыдущими. Предлагаемъ въ совокупности результаты всѣхъ вышеупомянутыхъ изслѣдованій для опредѣленія средней плотности Земли и располагаемъ ихъ въ порядкѣ величинъ:

Опытъ Мэсклина на Скехалленѣ, по вычисленію Шлейфѣйра. . .	4,713
Наблюденія надъ маятникомъ, сдѣланныя Карлини на горѣ Сени (съ поправкой Джіуліо)	4,950
Джэмсъ, изъ притяженія Артурова Трона.	5,316
Рейхъ, повтореніе опыта Кавендиша.	5,438
Кавендишъ, 5,480, по исправленному вычисленію Бэйли. . . .	5,448
Бэйли, повтореніе опыта Кавендиша.	5,660
Эйри, наблюденія въ Гартонской угольной копн	6,565
Средн.	5,441 ⁽²⁾
Средн. изъ крайнихъ величинъ	5,639

(1) Предостерегаемъ читателя не считать за правильное изложеніе начала Кавендишева опыта, приписываемое важному астрономическому авторитету и повторяемое другимъ астрономомъ безъ оговорки и примѣчанія, и слѣдовательно имъ одобренное. (*Arago, Lezione di Astronomia tradutte e annotate di E. Capocci, Napoli, 1851, стр. 238*).

(2) Ньютонъ, по своей удивительной прозорливости, уже прежде высказалъ мнѣніе, что средняя плотность Земли отъ пяти до шести разъ болѣе плотности воды (*Principia, III, 10*).

831. Принявъ за приближенный и удобный для памяти результат $5\frac{1}{2}$, считая Землю за шаръ съ діаметромъ въ 11 936,43 версты, и полагая вѣсъ кубическаго фута воды равнымъ 69,0677 фунта, найдемъ, что Земля вмѣщаетъ въ себѣ 890 475 513 119 кубическихъ верстъ и вѣситъ 65 924 трилліона пудовъ ($65\,924 \times 10^{18}$).

ЧАСТЬ III.

ЗВѢЗДНАЯ АСТРОНОМІЯ.

ГЛАВА XV.

Неподвижныя звѣзды.—Ихъ раздѣленіе по величинамъ.—Фотометрическая мѣра величины.—Условная или обыкновенная мѣра.—Фотометрическое сравненіе звѣздъ.—Распредѣленіе звѣздъ на небѣ.—Млечный Путь.—Предполагаемая форма этого Пути имѣетъ видъ плоскаго, отчасти раздѣльнаго пласта.—Теченіе Млечнаго Пути между созвѣздіями.—Его внутреннее устройство.—Въ нѣкоторыхъ направленіяхъ онъ имѣетъ, по видимому, безграничное протяженіе.—Разстояніе неподвижныхъ звѣздъ.—Ихъ годичный параллаксъ.—Параллактическая единица звѣздныхъ разстояній.—Вліяніе параллакса сходно съ вліяніемъ аберраціи.—Чѣмъ оно отличается отъ послѣдняго.—Опредѣленіе параллакса полуденными наблюденіями.—Приложеніе этого способа Гендерсономъ къ α Кентавра.—Опредѣленіе параллакса дифференціальными наблюденіями.—Открытія Бесселя и Струве.—Списокъ звѣздъ, которыхъ параллаксъ былъ найденъ.—Истинная величина звѣздъ.—Сравненіе ихъ свѣта съ свѣтомъ Солнца.

832. Кромѣ вышеописанныхъ тѣлъ, небо представляетъ намъ еще безчисленное множество другихъ предметовъ, называемыхъ вообще звѣздами. Они отличаются между собою блескомъ и многими другими существенными качествами, но все имѣютъ одно общее свойство—въ высокой степени неизмѣнное видимое положеніе относительно другъ друга. Отсюда произошло самое выраженіе *неподвижныя звѣзды*,

которое, впрочемъ, должно быть понимаемо не въ абсолютномъ, но въ сравнительномъ смыслѣ, ибо многія звѣзды несомнѣнно, а вѣроятно и всѣ, имѣютъ столь медленное движеніе, что его можно замѣтить не иначе, какъ при помощи весьма точныхъ и долговременныхъ наблюденій.

833. Астрономы дѣлятъ звѣзды, по ихъ видимому блеску, на разряды, которые называются величинами. Самыя яркія звѣзды принадлежатъ къ первой величинѣ; звѣзды рѣзко отличающіяся по своему блеску отъ предыдущихъ, принадлежатъ ко второй величинѣ, и такъ далѣе, до шестой или седьмой величины, заключающей въ себѣ самыя малыя звѣзды, видимыя простымъ глазомъ въ совершенно-ясную и темную ночь. При помощи телескопа рядъ замѣтныхъ для глаза звѣздъ продолжается далѣе, и наблюдатели, употребляющіе сильныя снаряды, привыкли отличать величины отъ 8-й до 16-й. Нѣтъ ни малѣйшаго повода положить предѣлы этой прогрессіи; ибо каждое увеличиваніе размѣровъ и силы орудій, истекавшее изъ постепенныхъ усовершенствованій оптическихъ наукъ, открывало нашему зрѣнію безчисленное множество предметовъ, дотолѣ невидимыхъ; такъ что опытъ научаетъ насъ, что число звѣздъ дѣйствительно безконечно, въ полномъ значеніи этого слова.

834. Впрочемъ, такое раздѣленіе по величинѣ совершенно произвольно. Среди множества блестящихъ предметовъ, вѣроятно существенно различныхъ между собою какъ по величинѣ, такъ и по яркости, и расположенныхъ въ неравныхъ отъ насъ разстояніяхъ, одни необходимо должны казаться намъ самыми блестящими, другіе одною степенью менѣе яркими, и такъ далѣе. Относительно нашего мѣстнаго положенія между звѣздами, *долженъ* существовать порядокъ въ послѣдовательности величинъ, и совершенно все равно, гдѣ бы мы ни проводили наши разграниченія среди такой безконечно умаляющейся прогрессіи, отъ наибольшаго блеска до полного исчезновенія. Все это дѣло условное. Условія установлены обычаемъ, и хотя нельзя а priori опредѣлить съ точностію, гдѣ кончается одна величина и начинается слѣ-

дующая, и различные наблюдатели иногда отличаютъ величины различно; тѣмъ не менѣе вообще астрономы считаютъ главныхъ звѣздъ первой величины 23 или 24; звѣздъ второй величины отъ 50 до 60; третьей—около 200, и такъ далѣе. Числа быстро увеличиваются по мѣрѣ пониженія степени блеска; всѣхъ звѣздъ до седьмой величины включительно внесено въ росписи отъ 12 000 до 15 000.

835. Такъ какъ мы не видимъ настоящаго диска звѣзды и судимъ объ ея блескѣ только по впечатлѣнію нашего глаза, то очевидно, что видимая величина звѣзды записать, во первыхъ, отъ ея разстоянія, во вторыхъ, отъ обширности ея освѣщенной поверхности, и третьихъ, отъ степени блеска этой поверхности. Обо всѣхъ этихъ данныхъ мы вовсе, или почти вовсе, не имѣемъ свѣдѣній, хотя и есть полное основаніе думать, что каждое изъ нихъ, въ различныхъ свѣтилахъ, можетъ быть различно въ нѣсколько миллионъ разъ, и потому ясно, что нельзя выводить удовлетворительныхъ заключеній изъ числа звѣздъ, приписанныхъ къ разнымъ искусственнымъ разрядамъ, не составивъ себѣ общаго и опредѣленнаго понятія о *началѣ* самаго раздѣленія. Дѣйствительно астрономы еще не согласились на какомъ началѣ основать фотометрическое раздѣленіе величинъ на классы,—принять ли за масштабъ блеска рядъ членовъ геометрической прогрессіи, каждый вдвое, или втрое, или въ другомъ какомъ-либо отношеніи менѣе предыдущаго, или рядъ членовъ, умалющихся какъ квадраты гармонической прогрессіи, каковъ рядъ 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{25}$ Первый рядъ даетъ чисто-фотометрическій масштабъ, и представляетъ ту выгоду, что свѣтъ звѣзды всякой данной величины имѣетъ постепенное отношеніе къ свѣту звѣзды ближайшей надъ нею величины; впрочемъ, это удобство лишь видимое, ибо многіе оптическіе опыты доказываютъ, что невооруженный глазъ судить весьма различно объ отношеніи яркаго свѣта къ слабому. Послѣдній масштабъ связанъ съ физическимъ понятіемъ,—различныя обозначаемыя имъ величины соотвѣтствуютъ вѣду звѣзды первой величины, наблюдаемой

въ разстояніи вдвое, втрое, вчетверо... большемъ. Въ такомъ масштабѣ величина служитъ нѣкотораго рода указателемъ вѣроятнаго, или средняго разстоянія, въ предположеніи, что всѣ звѣзды имѣютъ равный свѣтъ, и удобна для изложенія нашихъ соображеній объ устройствѣ звѣзднаго неба. Съ другой стороны, этотъ масштабъ, какъ кажется съ перваго взгляда, полагаетъ слишкомъ малую разницу между напряженностями свѣта низшихъ величинъ. Такъ, напримѣръ, при этомъ основаніи номенклатуры, свѣтъ звѣзды седьмой величины составляетъ $\frac{36}{49}$ свѣта звѣзды шестой величины, а свѣтъ звѣзды десятой величины равняется $\frac{81}{100}$ свѣта звѣзды девятой величины, между тѣмъ какъ напряженности свѣта у величинъ первой и второй относятся между собою какъ четыре къ одному. Впрочемъ, это не только не неудобно, но и согласно съ общимъ результатомъ упомянутыхъ оптическихъ опытовъ, свидѣтельствующихъ, что нашъ глазъ, при отсутствіи возмущающихъ причинъ, дѣйствительно отличается съ болѣею точностію относительныя напряженности слабого, нежели яркаго свѣта, такъ что, напримѣръ, дробь $\frac{36}{49}$ выражаетъ, говоря физиологически, столь же большую степень въ переходѣ отъ шестой величины къ низшей, какъ $\frac{1}{4}$ отъ первой величины къ слѣдующей. Поэтому, при выборѣ масштаба для проведенія линій разграниченія между фотометрическими величинами звѣздъ, мы не колеблясь избираемъ послѣдній, и советуемъ астрономамъ отдать ему предпочтеніе предъ первымъ.

836. Условныя величины, употребляемыя астрономами, сколько то совмѣстно съ практикою, гораздо болѣе сообразны съ такою постепенностію, нежели съ геометрическою прогрессіей. Прямая фотометрическія измѣренія свѣта значительнаго числа звѣздъ отъ первой до четвертой величины ⁽¹⁾ показали, что если мы изобразимъ чрезъ M величину звѣзды по этой системѣ, а чрезъ m ея величину по обычному счету,

⁽¹⁾ См. Джона Гершеля *Results of Observations made at the Cape of Good Hope*, стр. 371.

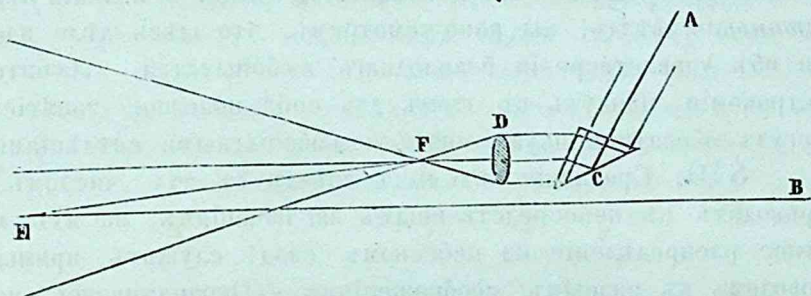
слѣдуя показаніямъ различныхъ наблюдателей, то число M — m одинаково для всѣхъ высшихъ разрядовъ и менѣе половины величины (0,414). Единицею сравненія въ этихъ измѣреніяхъ служила блестящая звѣзда α Кентавра, немного болѣе яркая нежели Арктуръ. Если примемъ за единицу разстояніе этой звѣзды, то свѣтъ ея сдѣлается равнымъ среднему свѣту звѣздъ первой, второй и третьей величины, по обыкновенному счету, соотвѣтственно на разстояніяхъ 1,414, 2,414 и 3,414.

837. Разность въ блескъ звѣздъ двухъ послѣдовательныхъ величинъ столь значительна, что допускаетъ нѣсколько совершенно удобоступимыхъ промежуточныхъ подраздѣленій. Опытному въ подобныхъ сравненіяхъ глазу, едва ли какія-нибудь двѣ звѣзды первой или второй величины кажутся имѣющими равный блескъ. Отсюда возникаетъ потребность дальнѣйшаго подраздѣленія величинъ, и употребленія дробей въ номенклатурѣ блеска, когда мы желаемъ достигнуть нѣкоторой точности. Въ первое время, когда родилась эта потребность, довольствовались раздѣленіемъ промежутковъ пополамъ и обозначили промежуточные степени блеска такъ: 1, 2 в.; 2, 3 в., и проч. Теперь нерѣдко промежутокъ дѣлится на три части такимъ образомъ: 1 в., 1, 2, в.; 2, 1, в.; 2 в. и проч.; гдѣ выраженіе 1, 2 в. означаетъ величину среднюю между величинами первою и второю, но ближайшую къ 1 чѣмъ къ 2; между тѣмъ какъ 2, 1 в. означаетъ также среднюю величину, но ближайшую къ 2 чѣмъ къ 1. Этого достаточно для обыкновеннаго языка, но съ усовершенствованіемъ этого отдѣла астрономіи десятичное подраздѣленіе необходимо заступить мѣсто столь грубаго способа выраженія, и величину стануть означать цѣлымъ числомъ съ десятичною дробью. Такъ, напримѣръ, величина у Близнецовъ въ ряду обычныхъ или условныхъ величинъ выразится числомъ 2,51, которое показываетъ, что мѣсто ея находится почти въ точности посреди 2-й и 3-й величины, и что по этому масштабу ея свѣтъ относится къ свѣту средней звѣзды первой величины (образцомъ можетъ служить α Оріона въ своемъ обыкновенномъ, или нормальномъ видѣ),

какъ $1^3: (2,54)^3$, а къ свѣту α Кентавра какъ $1^3: (2,924)^3$, полагая, что мѣсту послѣдней на фотометрическомъ масштабѣ соотвѣтствуетъ число 2,924. Списокъ сѣверныхъ и южныхъ звѣздъ первой, второй и третьей величины по обыкновенному счету, съ указаніемъ ихъ величинъ, выраженныхъ десятичною дробью, сообразно обѣимъ системамъ, приложенъ къ концу книги. Свѣтъ звѣзды шестой величины можно приближенно считать равнымъ одной сотой части свѣта звѣзды первой величины. Сиріусъ, сравнительно съ звѣздами шестой величины, имѣетъ свѣтъ болѣе сильный отъ трехъ сотъ до четырехъ сотъ разъ.

838. Точное фотометрическое измѣреніе относительныхъ напряженностей свѣта звѣздъ сопряжено съ большими затрудненіями, происходящими частію отъ разницы въ цвѣтѣ, частію отъ того, что до сихъ поръ еще не найдено неизмѣннаго искусственного образца свѣта, частію отъ той физиологической причины, которая препятствуетъ нашему глазу правильно судить объ отношеніи напряженностей двухъ источниковъ свѣта, и позволяетъ намъ только выводить не весьма точныя заключенія объ ихъ равенствѣ, или неравенствѣ, и частію отъ другихъ физиологическихъ причинъ. Всего менѣе возраженій допускаетъ слѣдующій способъ. Сперва выбираютъ естественный образецъ сравненія, болѣе яркій чѣмъ какая-либо звѣзда, дабы при помощи оптическихъ средствъ можно было умѣрить и уравниать его свѣтъ съ свѣтомъ каждой звѣзды, и притомъ неизмѣнный, или по крайней мѣрѣ такой, котораго переменны можно въ точности опредѣлить и выразить числами. Подобный образецъ мы находимъ въ планетѣ Юпитерѣ, соединяющей въ себѣ всѣ необходимыя условія: она гораздо блестяще всѣхъ звѣздъ, не имѣетъ фазъ, мѣняется въ свѣтѣ только вслѣдствіе переменъ состоянія отъ Солнца, и достигаетъ послѣдовательно удобной высоты надъ горизонтомъ вмѣстѣ со всѣми неподвижными звѣздами, въ отсутствіи сумерекъ и Луны, которыя оказываютъ вредное вліяніе на всѣ подобнаго рода наблюденія. Положимъ, что Юпитеръ находится въ А, а сравниваемая

съ нимъ звѣзда въ В; поставимъ стеклянную призму С такъ, чтобы свѣтъ планеты, послѣ полного отраженія отъ ея основанія, вышелъ въ направленіи параллельномъ съ лучомъ ВЕ, идущимъ отъ звѣзды, и пропустимъ его, послѣ отраженія, сквозь обоудувнутое стекло D.



Въ фокусѣ F этого стекла образуется маленькое звѣздо-видное изображеніе, которое можно разсматривать окуляромъ Е, въ такомъ разстояніи отъ оси конуса расходящихся лучей, что вмѣстѣ съ нимъ можно видѣть тѣмъ же глазомъ звѣзду, и сравнивать оба предмета между собою. Съ приближеніемъ и удаленіемъ глаза относительно фокуса F видимый блескъ фокусной точки измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія EF, и слѣдовательно можетъ быть сдѣланъ равнымъ блеску звѣзды, въ той степени, въ которой глазъ можетъ судить о подобномъ равенствѣ. Повторивъ этотъ опытъ нѣсколько разъ поочередно надъ двумя звѣздами, и взявъ средній результатъ, получимъ изъ измѣреній EF ихъ относительный блескъ, совершенно независимо отъ блеска Юпитера, служившаго образцомъ при сравненіяхъ.

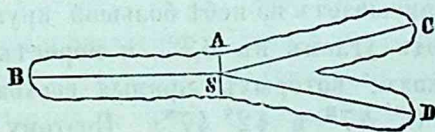
839. Когда небольшое число хорошо выбранныхъ звѣздъ такимъ образомъ опредѣлены помощію многократныхъ микрометрическихъ измѣреній и представляютъ собою между звѣздами извѣстные и постепенные образцы блеска, тогда не трудно наполнить промежуточные степени величинъ; для этого нужно вставлять между ними, по глазомѣру, другія звѣзды, составляющія восходящій или нисходящій рядъ, такъ чтобы каждая звѣзда была ярче звѣзды, поставленной въ ряду ниже, и блѣднѣе звѣзды,

поставленной выше. Такимъ образомъ мы получимъ рядъ числовыхъ величинъ, въ полномъ составѣ членовъ, отъ Сиріуса, звѣзды самой блестящей, до звѣзды послѣдней замѣтной величины ⁽¹⁾. Весьмажелательно, чтобъ эта часть астрономіи, едва вышедшая изъ дѣтства, сдѣлалась предметомъ постоянныхъ и неусыпныхъ трудовъ. Въ послѣдствіи, говоря о явленіи *переменныхъ* звѣздъ, мы ясно усмотримъ, что здѣсь дѣло идетъ не объ удовлетвореніи безплоднаго любопытства. Любители астрономіи найдутъ въ этомъ для себя полезное занятіе и могутъ обогатить науку многими любопытными свѣдѣніями.

840. Сравненіе видимыхъ звѣздъ съ ихъ числомъ не приводитъ къ непосредственнымъ заключеніямъ, но ихъ мѣстное распредѣленіе на небесномъ сводѣ служитъ прямымъ поводомъ къ разнымъ соображеніямъ. Ограничиваясь первыми четырьмя наиболѣе блестящими классами, усматриваемъ, что они размѣщены на сферѣ довольно равномерно, хотя и замѣтно нѣкоторое накопленіе ихъ, особенно въ южномъ полушаріи въ направленіи большаго круга, проходящаго чрезъ ϵ Оріона и α Креста. Но разсматривая всѣ звѣзды, видимыя невооруженнымъ глазомъ, замѣчаемъ, что число ихъ быстро увеличивается по мѣрѣ приближенія къ краямъ Млечнаго Пути. Обративъ вниманіе и на телескопическія величины, находимъ, что на протяженіи этого круга и выходящихъ изъ него вѣтвей, множество звѣздъ превосходитъ всякое воображеніе, и что весь свѣтъ Млечнаго Пути составленъ единственно изъ звѣздъ всевозможныхъ величинъ, начиная съ видимыхъ простымъ глазомъ, до мельчайшихъ свѣтлыхъ точекъ, едва замѣтныхъ въ лучшія трубы.

⁽¹⁾ Способъ составленія такихъ рядовъ въ большомъ числѣ, независимо отъ ошибочныхъ сужденій, атмосферическихъ обстоятельствъ и другихъ причинъ, которыя часто служатъ поводомъ къ несогласному размѣщенію звѣздъ мало различныхъ по величинѣ, равно какъ и описаніе цѣлыхъ рядовъ фотометрическихъ сравненій (для которыхъ, впрочемъ, посредствующимъ образомъ служила Луна, а не Юпитеръ) предложены въ вышепомянутомъ сочиненіи *Results of Observations*, въ примѣчаніи на стр. 353. Сколько намъ извѣстно, единственный наблюдатель, принявшій методъ рядовъ, былъ профессоръ Гейсъ.

841. Эти явленія согласны съ предположеніемъ, что звѣзды небесной тверди не разсыяны безразлично во всѣхъ направленіяхъ пространства, но образуютъ собою пластъ, котораго толщина незначительна въ сравненіи съ длиною и шириною, и въ которомъ Земля занимаетъ мѣсто, недалекое отъ середины его толщины и близкое къ точкѣ его раздѣленія на два главные пласта, наклоненные другъ къ другу подъ небольшимъ угломъ (§ 323). Если допустимъ, что звѣзды распредѣлены довольно равномерно среди занимаемаго ими пространства, то мы должны видѣть ихъ всего менѣе въ направленіи SA, перпендикулярномъ къ пласту, и всего болѣе



въ направленіяхъ SB, SC, SD, притомъ число ихъ должно быстро возрастать при переходѣ отъ перваго направленія къ послѣднимъ; такъ, легкій паръ въ воздухѣ сгущается при горизонтѣ въ непроницаемый туманъ, по причинѣ быстрого увеличиванія длины луча зрѣнія. Такое понятіе объ устройствѣ звѣзднаго неба возымѣлъ Уильямъ Гершель, который, своими могущественными телескопами, первый разложилъ Млечный Путь, и доказалъ, что онъ весь составленъ изъ звѣздъ ⁽¹⁾. Въ нѣкоторыхъ частяхъ этого Пути звѣзды сгущены въ такомъ множествѣ, что, сосчитавъ число ихъ въ одномъ полѣ зрѣнія своего телескопа, Уильямъ Гершель пришелъ къ заключенію, что въ продолженіе одного часа наблюденій, въ

(1) Томасъ Рейтъ (Wright) изъ Дергема (Durham)—*Theory of the Universe*, Лондонъ, 1750 г., — имѣлъ такіе же общія понятія объ устройствѣ Млечнаго Пути и звѣзднаго неба, основанныя на совершенно-правильныхъ астрономическихъ соображеніяхъ, именно на разложеніи части этого Пути при помощи рефлектора, съ фокуснымъ разстояніемъ въ одинъ футъ. См. замѣчанія профессора Моргана объ этомъ рѣдкомъ сочиненіи въ *Philosoph. Magazine* Ser. 3, XXXII, стр. 241 и слѣд.

поясъ шириною въ два градуса, онъ видѣлъ не меньше 50 000 звѣздъ. Въ части Млечнаго Пути, подъ $10^{\circ} 30'$ прямого восхожденія и между 147 и 150° разстоянія отъ сѣвернаго полюса насчитано болѣе 5000 звѣздъ въ одномъ квадратномъ градусѣ. Необъятное разстояніе самаго отдаленнаго отъ насъ звѣзднаго пространства достаточно объясняетъ чрезвычайно-сильное преобладаніе звѣздъ малой величины.

842. Млечный Путь, какъ кажется простому глазу, если не обращать вниманія на случайныя уклоненія, и держаться по возможности линіи наибольшей яркости, сколько то позволяютъ измѣняющаяся ширина и различная напряженность свѣта Пути, описываетъ на небѣ большой кругъ, наклоненный къ экватору подъ угломъ въ 63° , и пересѣкающій его плоскость въ точкахъ, которыхъ прямыя восхожденія соответственно равны $0^{\text{ч}} 47^{\text{м}}$ и $12^{\text{ч}} 47^{\text{м}}$. Поэтому, сѣверный полюсъ Млечнаго Пути имѣетъ прямое восхожденіе въ $12^{\text{ч}} 47^{\text{м}}$ и сѣверное склоненіе въ 27° ; а его южный полюсъ имѣетъ прямое восхожденіе въ $0^{\text{ч}} 47^{\text{м}}$, при южномъ склоненіи въ 27° . На всемъ протяженіи столь замѣчательнаго раздвоенія Млечнаго Пути (§ 189), упомянутый большой кругъ проходитъ между двухъ большихъ вѣтвей, ближе къ болѣе-свѣтлой и сплошной вѣтви, чѣмъ къ слабѣйшей и прерванной. Вотъ направленіе Млечнаго Пути въ порядкѣ прямого восхожденія: онъ проходитъ чрезъ созвѣздіе Кассіопеи, и самая блестящая часть его лежитъ на два градуса сѣвернѣе звѣзды δ , имѣя сѣверное склоненіе въ 62° , или разстояніе отъ сѣвернаго полюса въ 28° . Проходя между звѣздами γ и ϵ Кассіопеи, онъ пускаетъ отъ себя вѣтвь на югъ къ α Персея, которая до этой звѣзды очень замѣтна, продолжается въ слабомъ видѣ до ϵ Персея и можетъ быть отличена до Гіадъ и Плеядъ, какъ крайнихъ ея предѣловъ. Главная вѣтвь, здѣсь очень слабая, проходитъ далѣе въ Возничемъ, чрезъ три замѣчательныя звѣзды ϵ , ζ , η , предшествующія Капеллѣ и называемыя Козами, между ногами Близнецовъ, чрезъ рога Тельца, гдѣ пересѣкаетъ эклиптику

почти въ колорѣ солнцестояній, а потомъ, чрезъ палицу Оріона и шею Единорога, достигаетъ экватора, и пересѣкаетъ его въ точкѣ, имѣющей прямое восхожденіе въ $6^{\text{ч}} 54^{\text{м}}$. Отъ отростка въ Персеѣ до этой точки Млечный Путь имѣетъ свѣтъ слабый и неопредѣленный, но далѣе онъ постепенно дѣлается ярче, и, проходя чрезъ плечо Единорога и чрезъ голову Большаго Пса, представляется простому глазу широкою, умѣренно-блестящею, весьма равномерно и беззвѣздою полосой, до самаго того мѣста, гдѣ она вступаетъ въ корму корабля Аргоса, близъ южнаго тропика ⁽¹⁾. Здѣсь Путь снова подраздѣляется, близъ звѣзды η Кормы, пускаетъ отъ себя узкій и изогнутый отрогъ, съ западной стороны, до γ Аргуса, гдѣ онъ вдругъ оканчивается. Главная вѣтвь идетъ далѣе на югъ до параллели, отстоящей отъ сѣвернаго полюса на 123° , гдѣ она распыляется и снова подраздѣляется, расходясь въ обширную вѣрообразную койму, имѣющую 20° въ ширину и составленную изъ переплетенныхъ между собою вѣтвей, которыя всѣ внезапно прерываются на линіи, проведенной почти чрезъ λ и γ Аргуса.

843. Здѣсь Млечный Путь оканчивается широкимъ перерывомъ, и потомъ начинается снова на противоположной сторонѣ такимъ же вѣрообразнымъ сплетеніемъ вѣтвей, сходящихся около блестящей звѣзды γ Аргуса. Далѣе онъ пересѣкаетъ заднюю ногу Кентавра, образуя странную, рѣзко очерченную, полукруглую впадину небольшого радіуса, и вступаетъ въ созвѣздіе Креста весьма яркою полосой или перешейкомъ, имѣющимъ не болѣе 3 или 4 градусовъ въ ширину, и представляющимъ самую узкую часть Млечнаго Пути. Потомъ онъ немедленно расширяется въ широкую и свѣтлую массу, которая окружаетъ собою звѣзды α и β Креста и β Кентавра и простирается почти до звѣзды α по-

(1) Читая это описаніе, нужно имѣть предъ собою небесный глобусъ. Кажется бы, что изображеніе Млечнаго Пути на небесныхъ картахъ и глобусахъ дѣлаетъ излишнимъ описаніе его направленія. Но на большей части изъ нихъ оно назначено такъ небрежно и неправильно, что словесное описаніе его положенія на небѣ отнюдь не бесполезно.

слѣднаго созвѣздія. Среди этой свѣтлой массы, почти на половинѣ ея ширины, и окруженная ею со всѣхъ сторонъ, находится грушевидная прогалина, столь очевидная и замѣчательная, что обращаетъ на себя вниманіе самаго поверхностнаго зрителя и получила отъ первыхъ плававшихъ на югѣ мореходцевъ нескладное, но выразительное названіе *угольного лышка*. На этой прогалинѣ, имѣющей около 8° въ длину и 5° въ ширину, можно видѣть простымъ глазомъ только одну очень маленькую звѣздочку, но на ней довольно телескопическихъ звѣздъ, такъ что ея поразительная чернота есть только слѣдствіе контраста съ окружающимъ ее свѣтлымъ фономъ. Здѣсь Млечный Путь наиболѣе приближается къ южному полюсу. На всемъ этомъ протяженіи онъ имѣетъ поразительный блескъ, и сравненіе съ блескомъ его вышеописанной болѣе сѣверной части сильно говоритъ въ пользу болѣе близкаго отъ насъ разстоянія. Невольно рождается мысль, что мы всюду отдѣлены большимъ пространствомъ отъ тѣснаго собранія звѣздъ, составляющихъ Млечный Путь, который можно разсматривать какъ плоское кольцо, или другую огромную сомкнутую форму неправильной ширины и толщины, среди которой мы занимаемъ эксцентрическое положеніе, болѣе близкое къ южнымъ, чѣмъ къ сѣвернымъ частямъ ея окружности.

844. Около α Кентавра Млечный Путь снова подраздѣляется (¹), и пускаетъ отъ себя съ западной стороны большую вѣтвь въ половину своей ширины, которая составляетъ съ главнымъ направленіемъ уголъ около 20° , быстро суживается, идетъ къ звѣздамъ γ и d Волка, и теряется за ними узкою, блѣдною струей. Главная вѣтвь, увеличиваясь въ ширину, проходитъ чрезъ γ Треугольника и Линейки, дѣлаетъ здѣсь крутой загибъ и снова подраздѣляется на главную полосу весьма неправильной формы и различнаго блеска съ восточной стороны и весьма сложную систему

(¹) На всѣхъ картахъ и глобусахъ это подраздѣленіе соответствуетъ β Кентавра, что ошибочно.

переплетенныхъ вѣтвей и массъ съ западной стороны, которая застилаетъ собою хвостъ Скорпіона, и оканчивается обширнымъ облакомъ, покрывающимъ все широкое пространство, занимаемое западною погой Зміеносца, до параллели, отстоящей отъ сѣвернаго полюса на 103° , за которою не видно болѣе ея слѣдовъ. Широкий промежутокъ въ 14° , не представляющій никакихъ признаковъ свѣтлой туманности, отдѣляетъ эту систему отъ большой вѣтви, лежащей на сѣверной сторонѣ экватора, которая обыкновенно изображается какъ ея продолженіе.

845. Возвратимся къ мѣсту, гдѣ эта большая вѣтвь отдѣляется отъ главной полосы, и взглянемъ на направленіе послѣдней. Она дѣлаетъ крутой поворотъ къ восточной сторонѣ и проходитъ чрезъ звѣзды ϵ Жертвенника, θ и ι Скорпіона, γ Телескопа и γ Стрѣльца, гдѣ она внезапно стягивается въ овальную массу, въ 6° длиною и 4° шириною, столь богатую звѣздами, что по самому умѣренному счету ихъ должно содержаться въ ней болѣе 100 000. Къ сѣверу отъ этой массы полоса Млечнаго Пути пересекаетъ эклиптику подъ 276° долготы, проходитъ чрезъ лужъ Стрѣльца и вступаетъ въ Антиноя, гдѣ ея теченіе перерѣзывается тремя глубокими впадинами, отдѣленными другъ отъ друга замѣчательными выступами, изъ которыхъ самый широкій и яркій, между звѣздами 3 и 6 Орла по Флеметиду, составляетъ самое блестящее мѣсто въ южной части Млечнаго Пути, видимое подъ нашими широтами.

846. Пройдя чрезъ экваторъ подъ 19-мъ часомъ праваго восхожденія, Млечный Путь направляется неправильною, клочковатою и изгибистою полосой чрезъ Орла, Стрѣлу и Лисицу къ Лебедю. Около звѣзды ϵ этого созвѣздія, его теченіе прерывается, и начинается весьма смѣшанная и неправильная область, обозначенная широкою черною прогалиной, которая напоминаетъ собою южный *угольный мѣшокъ*, занимаетъ пространство между ϵ , α и γ Лебеда, и служитъ какъ бы средоточіемъ трехъ большихъ расходящихся полосъ. Одну изъ нихъ мы уже описали; вторая служитъ ея продолженіемъ.

смѣ, за промежуткомъ, и идетъ отъ α Лебеда къ сѣверу, между Ящерицей и головой Кефея, къ той точкѣ Кассіопеи, съ которой мы начали слѣдить за направленіемъ Млечнаго Пути, а третья, очень свѣтлая и замѣтная, устремляется отъ γ Лебеда къ югу, черезъ β Лебеда и σ Орла, и достигаетъ почти экватора, теряясь въ той бѣдной звѣздами части неба, въ которой на картахъ иногда помѣщаютъ новое созвѣздіе Быка Понятовскаго. Это та самая вѣтвь, которая, будучи мысленно продолжена за экваторъ, соединяется съ большимъ южнымъ отрогомъ, выходящимъ въ Зміеносцѣ, и описаннымъ въ § 844. Значительный отростокъ или выступающій придатокъ отдѣляется еще отъ сѣверной полосы въ головѣ Кефея и направляется прямо къ полюсу, занимая собою большую часть четырехугольника, образуемаго звѣздами α , β , ϵ и δ этого созвѣздія.

847. Мы описали съ нѣкоторою подробностію теченіе и главныя черты Млечнаго Пути, не только потому, что его правильнаго описанія, сколько намъ извѣстно, нельзя найти въ другихъ сочиненіяхъ, но особенно по его важному значенію въ звѣздной астрономіи, и съ цѣлію показать читателю, какъ трудно составить себѣ вѣрное понятіе объ истинной формѣ въ пространствѣ столь сложнаго предмета, разсматриваемаго какъ тѣло съ такой невыгодной точки зрѣнія. Встрѣчаемые при этомъ затрудненія по своему роду одинаковы съ тѣми, которыя представляются при объясненіи истинной формы *дуги* и *облаковъ* сѣвернаго сіянія, но гораздо значительнѣе, ибо намъ извѣстны законы, управляющіе образованіемъ послѣднихъ и полагающіе предѣлы ихъ распространенію въ высоту, потому что ихъ движеніе позволяетъ намъ разсматривать ихъ съ различныхъ точекъ зрѣнія, а особенно потому, что мы наблюдаемъ ихъ изъ мѣста, лежащаго много ниже ихъ общей плоскости и доставляющаго намъ возможность изобразить на картѣ родъ плана ихъ формы. Всѣ эти пособія исчезаютъ при составленіи карты или модели Млечнаго Пути, и законы перспективны позволяютъ вывести только то очевидное заключеніе, что его форма, говоря вообще, должна быть сплюснутая, и имѣть

малую толщину въ сравненіи съ протяженіями въ длину и въ ширину. Вѣроятныя предположенія могутъ только служить къ объясненію нѣкоторыхъ подробностей. Такъ, на-примѣръ, замѣчая въ *угольномъ пылкѣ* рѣзко-ограниченное овальное беззвѣздное пространство среди равномерной полосы, превосходящей его въ ширину лишь съ небольшимъ въ два раза, гораздо менѣе вѣроятно допустить, что коническая или трубчатая пустота разсѣкаетъ весь звѣздный слой, простираясь безъ перерыва отъ глаза до его крайнихъ предѣловъ, нежели предположить, что *отдаленная* масса, сравнительно умѣренной толщины, продыравлена насквозь, или что овальная пустота, въ два или три раза болѣе глубокая нежели широкая, представляется намъ въ проложеніи на *отдаленной* поверхности. Равнымъ образомъ нельзя не принять безъ очевидной нѣвѣроятности, что длинные боковые отростки, которые во многихъ мѣстахъ отдѣляются отъ главной полосы и тянутся на большое разстояніе, представляютъ или плоскости, видимыя въ ребро, или выпуклости кривыхъ поверхностей, наблюдаемыя по направленію касательной, а не цилиндрическіе или столбовидные отростки, выступающіе косвенно надъ общимъ уровнемъ. Съ такою же вѣроятностію, вышеописанныя запутанныя сплетенія въ Скорпіонѣ можно скорѣе объяснить случайнымъ перекрещиваніемъ полосъ, находящихся въ весьма-различныхъ разстояніяхъ, или клѣтчатимъ строеніемъ массы, нежели дѣйствительными пересѣченіями. Клочковатыя облака, часто появляющіяся въ вѣтряную погоду, даютъ недурное понятіе о видѣ этого предмета и возбуждаемомъ имъ понятіи о его строеніи. Впрочемъ, для пріобрѣтенія болѣе опредѣленныхъ свѣдѣній объ истинной формѣ и протяженіи Млечнаго Пути нужно обратиться къ другимъ указаніямъ, преимущественно же къ телескопическому обозрѣнію его внутренняго устройства и къ закону распредѣленія звѣздъ не только внутри его, но и вообще на поверхности неба.

848. Предложенныя въ § 841 общія понятія, объясняющія явленія звѣзднаго неба системою Млечнаго Пути,

основаны не на отвлеченныхъ соображеніяхъ, но на подобныхъ телескопическихъ наблюденіяхъ. Упльямъ Гершель придумалъ для этой цѣли способъ *черпаній* (gauging), состоявшій въ простомъ счетѣ звѣздъ всѣхъ величинъ, видимыхъ въ полѣ зрѣнія, діаметромъ въ 15', двадцати-футоваго рефлектора, съ отверстіемъ въ 18 дюймовъ, и при 180-ти-кратномъ увеличиваніи. Пункты наблюденій были очень многочисленны, и выбирались безразлично во всѣхъ частяхъ неба, видимыхъ подъ нашими широтами. Изъ сравненія многихъ сотенъ подобныхъ черпаній, или мѣстныхъ перечисленій звѣздъ, оказывается, что *плотность* звѣзднаго свѣта (или среднее число звѣздъ, выведенное изъ многихъ подобныхъ перечисленій около какого-либо мѣста) наименьшая въ полюсѣ *галактическаго круга* ⁽¹⁾, и увеличивается, почти одинаково во всѣхъ направленіяхъ, по мѣрѣ возрастанія *галактическаго полярнаго разстоянія*, до Млечнаго Пути, гдѣ достигаетъ наибольшей величины. Постепенное увеличеніе числа звѣздъ, очень медленное около полюса, становится съ приближеніемъ къ этому кругу все болѣе и болѣе быстрымъ, сообразно закону, о которомъ можно получить правильное понятіе по слѣдующимъ числамъ, опредѣленнымъ Струве изъ тщательнаго изслѣдованія вышепомянутыхъ черпаній:

Разстояніе отъ сѣвернаго галактическаго полюса ⁽²⁾	Среднее число звѣздъ въ полѣ зрѣнія діаметромъ въ 15'
0°	4,15
15°	4,68
30°	6,52
45°	10,36
60°	17,68
75°	30,30
90°	122,00

(1) Это выраженіе происходитъ отъ слова *γαλα*, *γαλακτος* молоко, и означаетъ упоминаемый въ § 841 большой кругъ, котораго придерживается Млечный Путь. Этотъ кругъ заступаетъ въ звѣздной астрономіи мѣсто неизмѣнной эклиптики и служитъ основною плоскостію для звѣздной системы.

(2) Струве, *Etudes d'Astronomie stellaire*, стр. 71. Струве, по глазомѣру, принимаетъ галактическій кругъ за малый, а не за большой кругъ сферы; я остаюсь при своемъ убѣжденіи.

Отсюда видно, что средняя плотность звѣздъ на галактическомъ кругѣ въ 30 разъ болѣе чѣмъ около его полюса, и въ 4 раза болѣе, чѣмъ въ разстояніи 15° отъ его плоскости.

849. Эти числа вполне согласны съ предположеніемъ § 841, и усиливаютъ сходство съ приведеннымъ для сравненія примѣромъ. Быстрое сгущеніе тумана по мѣрѣ приближенія луча зрѣнія къ горизонту есть слѣдствіе не только увеличиванія длины проходимаго имъ туманнаго пространства, но и возрастающей плотности самого тумана въ низшихъ слояхъ. Сравненіе предыдущихъ чиселъ между собою приводитъ къ тому же заключенію, какъ то ясно доказалъ Струве математическимъ анализомъ эмпирической формулы, вѣрно представляющей законъ возрастанія. Результаты своихъ изслѣдованій онъ предлагаетъ въ слѣдующей таблицѣ, показывающей плотность звѣздъ въ различныхъ разстояніяхъ отъ галактической плоскости, принимая среднюю плотность звѣздъ въ этой плоскости за единицу.

Разстояніе отъ галактической плоскости.	Плотность звѣздъ.	Разстояніе отъ галактической плоскости.	Плотность звѣздъ.
0,00	1,00000	0,50	0,08646
0,05	0,48568	0,60	0,05510
0,10	0,33288	0,70	0,03079
0,20	0,23895	0,80	0,01414
0,30	0,17980	0,866	0,00532
0,40	0,13021		

Единица разстоянія, которой дробныя части помѣщены въ первомъ столбцѣ таблицы, есть то разстояніе, на которомъ для подобнаго телескопа звѣзда средней величины дѣлается *видною*, или такъ-называемая *проицательная* сила трубы. Итакъ, мы замѣчаемъ, что въ звѣздномъ пространствѣ, по мѣрѣ

возвышенія надъ галактическою плоскостію, плотность параллельныхъ слоевъ быстро уменьшается. На высотѣ, равной только одной двадцатой части доступнаго трубѣ предѣла, она уже вполовину менѣе, а на высотѣ 0,866 число звѣздъ представляетъ лишь одну двухсотую часть числа звѣздъ въ галактической плоскости. Предшествующія умозаключенія правильны, если мы допустимъ, во первыхъ, что плоскости уровня непрерывны и всюду имѣютъ равную плотность; и во вторыхъ, что телескопическое зрѣніе имѣетъ опредѣленныя границы, *далѣе которыхъ звѣзды совершенно для насъ невидимы, какъ будто бы онѣ вовсе не существовали.* Читатель лучше пойметъ вѣроятность этого предположенія, когда ознакомится съ нѣкоторыми другими подробностями строенія Млечнаго Пути, къ описанію которыхъ мы сейчасъ обратимся.

850. Подобныя наблюденія, сдѣланныя въ южномъ полушаріи, приводятъ независимо къ тѣмъ же заключеніямъ касательно видимаго распредѣленія звѣздъ въ южномъ галактическомъ полушаріи, то-есть въ полушаріи, имѣющемъ центромъ южный галактическій полюсъ. Изъ совокупности черпаній, обнимающихъ собою всю поверхность этого полушарія и сдѣланныхъ тѣмъ же телескопомъ, съ тѣмъ же полемъ зрѣнія и увеличиваніемъ, которыя употреблялъ для своихъ черпаній Уильямъ Гершель, оказывается слѣдующее среднее число звѣздъ въ полѣ зрѣнія, діаметромъ въ 15', въ пространствѣ поясовъ, окружающихъ этотъ полюсъ, и имѣющихъ въ ширину по 15°.

Поясы, соотвѣтствующіе южнымъ галактическимъ полярнымъ разстояніямъ:	Среднее число звѣздъ въ полѣ зрѣнія, имѣющемъ въ діаметрѣ 15':
отъ 0° до 15°	6,05
отъ 15 до 30	6,62
отъ 30 до 45	9,08
отъ 45 до 60	13,49
отъ 60 до 75	26,29
отъ 75 до 90	59,06

851. Эти числа нельзя прямо сравнивать съ числами Струве, приведенными въ § 848, потому что послѣднія со-

отвѣтствуютъ линіямъ, разграничивающимъ полярныя разстоянія, между тѣмъ какъ первыя показываютъ среднее число звѣздъ въ пространствахъ самыхъ поясовъ. Впрочемъ, этотъ знаменитый астрономъ далъ таблицу среднихъ черпаній для каждаго градуса сѣвернаго галактическаго полярнаго разстоянія ⁽¹⁾, при помощи которой нетрудно вычислить среднія величины черпаній въ промежуткѣ каждаго пояса. Слѣдующая таблица показываетъ, какъ близки результаты этихъ вычисленій для сѣвернаго полушарія къ вышеозначеннымъ результатамъ для южнаго полушарія.

Поясы, соответствующіе сѣвернымъ галактическимъ полярнымъ разстояніямъ:	Среднее число звѣздъ, по таблицѣ Струве, въ полѣ зрѣнія, имѣющемъ въ діаметрѣ 15'.
отъ 0° до 15	4,32
отъ 15 до 30	5,42
отъ 30 до 45	8,21
отъ 45 до 60	13,61
отъ 60 до 75	24,09
отъ 75 до 90	53,43

Отсюда явствуется, что при одинаковомъ почти законѣ видимой плотности въ обоихъ полушаріяхъ южное изъ нихъ нѣсколько богаче звѣздами чѣмъ сѣверное, что вѣроятно происходитъ отъ нашего положенія, которое находится не въ самой срединѣ толщи звѣзднаго слоя, но лежитъ ближе къ его сѣверной поверхности.

852. Разсматривая Млечный Путь въ сильныя зрительныя трубы, мы убѣждаемся, что устройство этого дивнаго пояса столь же разнообразно, сколько видъ его кажется неправильнымъ невооруженному глазу. Въ нѣкоторыхъ частяхъ составляющія его звѣзды разсѣяны съ замѣчательною равномерностію на огромныхъ пространствахъ, между тѣмъ какъ въ другихъ мѣстахъ распределеніе звѣздъ поразительно неправильно, представляя быстрые переходы отъ участковъ, наполненныхъ тѣсно-сгруппированными звѣздами, къ промежуткамъ сравнительно-бѣдымъ, а иногда и совершенно-пустымъ, не заключающимъ въ себѣ

(1) *Etudes d'Astronomie stellaire*, стр. 34.

ни малѣйшей телескопической звѣздочки. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, въ полѣ зрѣнія, имѣющемъ 15' въ діаметрѣ, видно среднимъ числомъ не болѣе 40 или 50 звѣздъ, а въ другихъ можно насчитать ихъ отъ 400 до 500. Не менѣе разнообразія замѣтно также въ величинахъ звѣздъ и въ отношеніи между числами звѣздъ большихъ и малыхъ величинъ, собранныхъ вмѣстѣ. Въ иныхъ участкахъ чрезвычайно мелкія звѣздочки, нигдѣ вполне не отсутствующія, попадаютъ въ такомъ маломъ количествѣ, при которомъ невольно возникаетъ убѣжденіе, что въ этихъ мѣстахъ наше зрѣніе проникаетъ сквозь всю толщу звѣзднаго слоя, ибо иначе (если свѣтъ ихъ можетъ до насъ безпрепятственно) число звѣздъ малыхъ величинъ должно бы необходимо идти непрерывно, возрастая до безконечности. Въ такихъ случаяхъ небесный фонъ между звѣздами кажется обыкновенно совершенно-чернымъ, что также было бы невозможно, еслибы глубина подобнаго пространства была наполнена безчисленнымъ множествомъ такихъ малыхъ звѣздъ, которыя нельзя отличить раздѣльно. Въ иныхъ мѣстахъ звѣзды почти одинаковаго блеска разсыпаны равномерно по небу, и между ними, очевидно, нѣтъ звѣздъ ни большей величины, ни меньшей. Такое явленіе прямо наводитъ на мысль, что зрѣніе наше проникаетъ здѣсь *сквозь* пластъ звѣздъ почти равной величины, котораго толщина не велика въ сравненіи съ отдѣляющимъ его отъ насъ разстояніемъ. Въ противномъ случаѣ слѣдовало бы допустить, что всѣ дальнія звѣзды крупице, и что ихъ дальнѣйшее разстояніе вознаграждается сильнѣйшимъ блескомъ, что было бы вовсе невѣроятно. Попадаютъ нерѣдко и такія мѣста, гдѣ то же явленіе повторяется въ двоякомъ видѣ, а именно, гдѣ рой звѣздъ болѣе крупныхъ разсыпанъ по другому рою чрезвычайно мелкихъ звѣздочекъ, и недостаетъ промежуточныхъ величинъ. Явно слѣдуетъ заключить, что здѣсь мы смотримъ сквозь два звѣздные слоя, раздѣленные между собою беззвѣзднымъ промежуткомъ.

853. Въ гораздо-большей части всего протяженія Млечнаго Пути въ обоихъ полушаріяхъ преобладаетъ черный

тонъ небеснаго фона, на который пролагаются звѣзды, и не замѣтно ни безчисленнаго множества и чрезмѣрнаго скучиванія звѣздъ малѣйшей удобоотличимой величины, ни слиянія, поражаемаго смѣшаннымъ свѣтомъ такихъ мелкихъ звѣздочекъ, которыя нельзя видѣть раздѣльно. По нашему мнѣнію, это обстоятельство служитъ несомнѣннымъ признакомъ, что *въ тѣхъ направленіяхъ, гдѣ эти условія имѣютъ мѣсто*, размѣры Млечнаго Пути не только не безконечны, но что сила нашихъ телескоповъ проникаетъ сквозь всю его толщу и простирается далѣе за ея предѣлы. Но мы не можемъ не замѣтить читателю, что это заключеніе было оспариваемо такимъ авторитетомъ, на который нельзя не обратить вниманія. Возраженіе основывается на высказанномъ Олберсомъ мнѣніи о несовершенной прозрачности небеснаго пространства, вслѣдствіе чего свѣтъ самыхъ отдаленныхъ звѣздъ слабѣетъ болѣе, нежели то условливается ихъ разстояніемъ. Такъ какъ происходящее отъ того погашеніе свѣта должно возрастать въ геометрической прогрессіи, то возникло мнѣніе, что предѣлъ дальнозрительной силы трубъ далеко не достигаетъ того пространства, на которомъ звѣзды скрывались бы отъ зрѣнія вслѣдствіе уменьшенія свѣта отъ одного лишь разстоянія. Изслѣдованіе началъ, частию метафизическихъ, составляющихъ основаніе такого воззрѣнія, завлекло бы насъ слишкомъ далеко отъ предмета нашего сочиненія. Довольно замѣтить, что помянутое возраженіе равно приложимо къ каждой части Млечнаго Пути. Нельзя допустить, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ его окружности нашему зрѣнію положенъ предѣлъ космическою завѣсой, скрывающею отъ глаза звѣздочки самыхъ малыхъ величинъ и туманный свѣтъ отдаленныхъ массъ, и ограничивающею видимую даль непроницаемою темнотою; между тѣмъ какъ въ другихъ мѣстахъ, самыя убѣдительныя свидѣтельства телескопа заставляютъ насъ вѣрить, что звѣздная бездна передъ нами открыта, что она истощаетъ силу нашихъ трубъ и продолжается далѣе доступныхъ имъ предѣловъ, какъ то доказывается явленіями, несовмѣстными съ существованіемъ подобной завѣсы, а именно

безграничнымъ умноженіемъ числа и уменьшеніемъ величины звѣздъ, сливающихся наконецъ въ совершенно-неразрѣшимую туманность. Такое зрѣлище представляетъ намъ обширная часть Млечнаго Пути, въ той любопытной мѣстности близъ его раздвоенія въ Скорпионѣ (§§ 844, 847), гдѣ сквозь пустыя и глубокія тайники его сложнаго устройства мы видимъ широкія, неопредѣленно продолжающіяся пространства, усѣянные сплошными массами и облаками звѣздъ, неразложимыми для телескопа ⁽¹⁾. На какомъ бы заключеніи мы ни остановились, необходимо допустить, что въ этомъ направленіи основная плоскость Млечнаго Пути имѣетъ наибольшее линейное протяженіе. Не менѣе очевидно и то, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ этотъ поясъ ясно разлагается на раздѣльныя звѣзды, *пролагаемая на черное поле*, и гдѣ, слѣдовательно, если вышеизложенныя понятія справедливы, наше зрѣніе углубляется въ пространство за предѣлы означенныхъ звѣздъ, тамъ мельчайшія видимыя звѣздочки кажутся намъ таковыми не по причинѣ непомѣрнаго разстоянія, но по причинѣ дѣйствительно малой величины или слабѣйшаго блеска ⁽²⁾.

854. Когда мы говоримъ о сравнительномъ удаленіи однихъ странъ звѣзднаго неба за другими странами, и о нашемъ положеніи между ними, естественно возникаетъ вопросъ о разстояніи ближайшей къ намъ звѣзды. Въ какихъ размѣрахъ создана видимая небесная твердь? Какое отношеніе имѣютъ они къ размѣрамъ нашей солнечной системы? На эти вопросы астрономія можетъ наконецъ дать отвѣтъ.

(1) Мы были бы весьма несправедливы къ знаменитому пулковскому астроному, котораго мнѣніе мы оспариваемъ здѣсь, сохраняя къ нему величайшее уваженіе, еслибы мы не присовокупили, что во время сочиненія его замѣчательной, неоднократно упомянутой книги *Etudes d'Astronomie stellaire*, въ которой онъ излагаетъ свои взгляды на этотъ предметъ, ему были неизвѣстны важныя, приведенныя въ текстѣ, факты, потому что трудъ, въ которомъ они описаны, не былъ еще изданъ.

(2) Профессоръ Лумисъ (*Progress of Astronomy*, 1850, стр. 41), въ виду этого факта, приходитъ къ противному заключенію. Астрономы оцѣняютъ достоинство его возраженій. Профессоръ Аргеландеръ (*Astronom. Nachr.* № 996) въ подтвержденіе теоріи Олберса, цитуетъ мое изложенное здѣсь (кажется довольно ясно) мнѣніе, которое прямо ей противорѣчитъ.

855 Радіусъ Земли служитъ намъ основаніемъ треугольника въ тригонометрической съемкѣ нашей системы (§ 293) для опредѣленія разстоянія Солнца; но чрезвычайно-малая величина солнечнаго параллакса (§ 378) такъ затрудняетъ вычисленіе изъ столь-невыгоднаго треугольника (§ 294), что только счастливое стеченіе благопріятныхъ обстоятельствъ, встрѣчаемыхъ въ прохожденіи Венеры (§ 514), могло привести къ результату, заслуживающему довѣрія. Но радіусъ Земли оказывается уже слишкомъ малою базой для триангуляціи даже на границахъ нашей системы (§ 563), и потому, при распространеніи ея за эти предѣлы, мы должны замѣнить суточный параллаксъ годовымъ параллаксомъ, или, что все равно, основать наши вычисленія на относительной скорости Земли и планетъ на своихъ орбитахъ (§ 521). Естественно было ожидать, что, съ увеличеніемъ базы до огромныхъ размѣровъ діаметра земной орбиты, переходъ къ слѣдующему пункту съемки будетъ очень благонадеженъ, что перемѣщеніе наблюдателя съ одной стороны земной орбиты на другую будетъ сопряжено съ значительною и удобоизмѣримою величиною годоваго параллакса звѣздъ, и что при помощи его мы узнаемъ ихъ разстояніе. Но астрономы, истощивъ все средства наблюденія, не могли придти къ положительнымъ и согласнымъ заключеніямъ касательно этого предмета; и величина этого параллакса, даже для ближайшихъ неподвижныхъ звѣздъ, изслѣдованныхъ со всеѣмъ должнымъ вниманіемъ, смѣшивалась съ случайными погрѣшностями астрономическихъ опредѣленій и терялась между ними. Свойство этихъ погрѣшностей было объяснено въ началѣ нашего сочиненія, и намъ не нужно напоминать читателю, съ какими трудностями сопряжено освобожденіе элемента въ нѣсколько десятыхъ долей секунды и никакъ не болѣе цѣлой секунды—отъ вліянія множества сливающихся съ результатами наблюденій погрѣшностей, столь же незначительной величины, но чрезвычайно обременительныхъ по своей многочисленности и измѣняемости. Тѣмъ не менѣе послѣдовательное усовершенствованіе снарядовъ и постепенное

приближеніе къ точному познанію уранографическихъ поправокъ доставили возможность увѣриться, уже въ первыхъ годахъ текущаго столѣтія, что всѣ звѣзды, видимыя въ сѣверномъ полушаріи, на которыя было обращено вниманіе, не имѣютъ параллакса, превышающаго одну секунду дуги. Остановимся здѣсь на короткое время и посмотримъ, какія заключенія истекаютъ изъ предположенія такой величины параллакса.

856. Радиусъ содержится къ синусу $1''$ какъ 206 265 къ 1. Разстояніе неподвижныхъ звѣздъ по крайней мѣрѣ во столько разъ должно быть болѣе разстоянія Солнца отъ Земли. Съ другой стороны, послѣднее, какъ мы видѣли въ § 378, содержитъ въ себѣ 23 984 земныхъ радиуса. На этомъ основаніи, принявъ земной радиусъ за единицу, находимъ, что параллаксу въ $1''$ соотвѣтствуетъ разстояніе въ 4947059760, или почти въ пять тысячъ миллионовъ такихъ единицъ, и что въ обыкновенной мѣрѣ, считая круглымъ числомъ радиусъ Земли въ 6000 верстъ, это разстояніе равняется 29 682 358 560 000, или около тридцати билліоновъ верстъ.

857. Въ такихъ числахъ воображеніе теряется. Для лучшаго пониманія, всего удобнѣе выражать подобныя разстоянія временемъ, употребленнымъ свѣтомъ на ихъ прохожденіе. Свѣтъ, какъ намъ извѣстно (§ 585), пробѣгаетъ 290 000 верстъ въ секунду и описываетъ радиусъ земной орбиты въ $8^m 13^s,3$. Поэтому на прохожденіе разстоянія, о которомъ идетъ рѣчь, онъ употребитъ 206 265 разъ $8^m 13^s,3$, или 3 года 83 дня. Таковъ низшій предѣлъ разстоянія самой блестящей и слѣдовательно, за неимѣніемъ другихъ указаній, самой близкой звѣзды; каково же должно быть удаленіе безчисленныхъ малыхъ звѣздъ, открываемыхъ телескопомъ! Каковы должны быть размѣры Млечнаго Пути, въ отдаленныхъ частяхъ котораго совокупный блескъ множества звѣздъ представляется въ самые сильные телескопы лишь какъ слабое туманное сіяніе!

858. Дальнозрительную силу трубы, или сравнительное разстояніе, на которое слѣдовало бы удалить данную звѣзду, дабы въ телескопѣ блескъ ея сдѣлался такимъ же, какимъ онъ кажется невооруженному глазу, можно вычислить, когда дано отношеніе отверстія трубы къ величинѣ зрачка, и когда извѣстно какая часть падающаго свѣта отражается или пропускается въ глазъ наблюдателя. Такимъ образомъ найдено, что дальнозрительная сила такого рефлектора, какой употреблялся для черпаній, выражается числомъ 75. Слѣдовательно звѣзду шестой величины, перенесенную на разстояніе въ 75 разъ большее, еще можно бы было отличить такимъ снарядомъ какъ звѣзду, и допустивъ, что свѣтъ подобной звѣзды составляетъ сотую часть свѣта образцовой звѣзды первой величины, оказывается, что послѣдняя, на разстояніи въ 750 разъ большемъ, должна, при помощи такого телескопа, производить въ глазъ наблюдателя такое же впечатлѣніе, какое дѣлаетъ въ невооруженномъ глазѣ звѣзда шестой величины. Справедливо полагають, что среди безконечнаго числа звѣздъ въ отдаленнѣйшихъ частяхъ Млечнаго Пути встрѣчается безчисленное множество звѣздъ столь же яркихъ, какъ и ближайшія намъ окружающія звѣзды. Поэтому свѣтъ ихъ доходитъ до нашей солнечной системы не ранѣе какъ въ 2000 лѣтъ. Отсюда слѣдуетъ, что, наблюдая положеніе и замѣчая видъ такихъ звѣздъ, мы чудеснымъ образомъ читаемъ ихъ исторію за 2000 лѣтъ. Подобныя заключенія устраняются только предположеніемъ, что всѣ мелкія звѣзды Млечнаго Пути дѣйствительно имѣють слабѣйшій свѣтъ. Намъ легче будетъ оцѣнить вѣроятность этого предположенія, когда мы ознакомимся съ другими звѣздными системами, которыхъ существованіе открываетъ намъ телескопъ, и удостоверимся изъ представляемыхъ ими аналогій, что подобный взглядъ на предметъ совершенно согласенъ съ общимъ значеніемъ астрономическихъ фактовъ.

859. До сихъ поръ мы разсматривали 1" какъ несомнѣнный, или по крайней мѣрѣ весьма вѣроятный высшій предѣлъ параллакса всѣхъ звѣздъ, подвергнутыхъ изслѣдо-

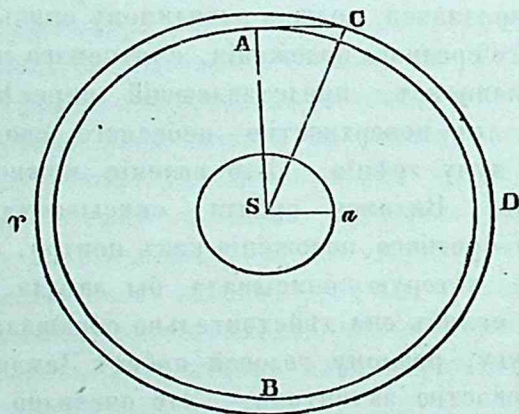
ванію. Дѣйствительно удобно принять нѣкоторымъ образомъ за единицу сравненія эту величину параллакса, напоминающую воображенію читателя параллактическое разстояніе отъ нашей системы почти въ 30 билліоновъ верстъ, пробѣгаемое свѣтомъ въ $3\frac{1}{4}$ года. Она избавитъ насъ отъ необходимости пестрить наши страницы огромными числами, когда мы будемъ говорить о звѣздахъ, которыхъ параллаксы были опредѣлены съ нѣкоторою достовѣрностію или прямыми полуденными наблюденіями, или другими усовершенствованными и тонкими способами. Приступая къ объясненію этихъ способовъ, мы укажемъ сперва на теоретическія особенности, доставляющія намъ возможность освободить и отдѣлить вліяніе параллакса отъ дѣйствія тѣхъ уранографическихъ поправокъ и другихъ источниковъ погрѣшностей, которые, по своему періодическому свойству, очень затрудняютъ предметъ. Дѣйствіе предваренія и собственнаго движенія (§ 907), равномерно возрастающее съ каждымъ годомъ, и дѣйствіе колебанія, оканчивающее свой періодъ въ девятнадцать лѣтъ, такъ очевидны, что прямо отличаются этими признаками отъ вліянія параллакса; какъ притомъ величины ихъ опредѣлены весьма точно и, безъ сомнѣнія, по своей причинѣ, независимы отъ какихъ-либо особенностей въ звѣздахъ, подлежащихъ ихъ вліянію, то остающіяся незначительныя погрѣшности въ числовыхъ элементахъ, или, выражаясь математически, въ коэффициентахъ, служащихъ для ихъ вычисленія, не могутъ причинить затрудненій. Иное дѣло съ абераціей. Эта поправка производитъ въ положеніи звѣзды небольшія колебанія въ теченіи годового періода, и слѣдовательно согласныя въ этомъ отношеніи съ вліяніемъ параллакса. Самый законъ измѣненій въ различныя времена года въ обоихъ явленіяхъ весьма сходенъ: параллаксъ (см. §§ 364, 365) имѣетъ свою *вершину* въ видимомъ положеніи Солнца на эклиптикѣ, а аберація — въ точкѣ того же большаго круга, лежащей на 90° позади первой, такъ что формулы для вычисленія обѣихъ поправокъ, за исключеніемъ коэффициентовъ, въ сущности одинаковы, и разнятся

лишь тѣмъ, что долгота Солнца въ одномъ выраженіи замѣняется въ другомъ выраженіи этою долготою, уменьшеною на 90° . Сверхъ того, при отсутствіи положительныхъ данныхъ о свойствахъ распространенія свѣта, астрономы признавали до сихъ поръ необходимымъ допустить, или по крайней мѣрѣ считать возможнымъ, что скорость свѣта зависитъ до нѣкоторой степени отъ особенныхъ свойствъ свѣтящагося тѣла ⁽¹⁾.

860. Линія, проведенная мысленно во все время года отъ звѣзды къ Землѣ, очевидно описываетъ поверхность очень острого и косаго конуса, которому осью служить линія, соединяющая звѣзду съ Солнцемъ, а основаніемъ—годовая орбита Земли, которую, въ настоящемъ изслѣдованіи, можно принять за кругъ. Такимъ образомъ звѣзда, вслѣдствіе параллакса, должна повидимому описывать ежегодно вокругъ своего средняго положенія, считаемаго неподвижнымъ, маленькій эллипсисъ, представляющій пересѣченіе помянутого конуса съ поверхностію небеснаго свода, перпендикулярною къ лучу зрѣнія. Это явленіе можно еще разсматривать иначе. Видимая орбита, описываемая звѣздою вокругъ своего средняго положенія какъ центра, совпадаетъ съ тою орбитой, которую описывала бы звѣзда, наблюдаемая изъ Солнца, еслибъ она дѣйствительно обращалась около этой точки по кругу, равному годовой орбитѣ Земли и параллельному съ плоскостію эклиптики. Это очевидно изъ равенства и параллельности направленій разсматриваемыхъ здѣсь линій. Вліяніе абераціи, не обращая вниманія на незначительныя измѣненія скорости Земли въ различныхъ частяхъ орбиты, подчиняется сходному закону, и отличается только своею величиною и своимъ направленіемъ, разнящимся на 90° по долготѣ. Допустимъ, для опредѣленности понятій, что

(1) При настоящемъ состояніи астрономіи и фотологіи этой необходимости болѣе не существуетъ, а потому желательно, чтобы астрономы оставили обычай вводить неизвѣстную поправку постояннаго коэффициента абераціи въ свое уравненіе для опредѣленія параллакса, ибо такая поправка дѣйствительно вводитъ ошибку въ окончательный результатъ.

наибольшая величина параллакса равняется $1''$, а абберация $20'',5$; пусть AB , ab будутъ два круга, описываемые звѣздой, независимо одинъ отъ другаго, около ея среднего положенія S , соответственно вліянію этихъ двухъ причинъ, и пусть SV означаетъ направленіе, параллельное линіи равноденствія. Если въ силу одного лишь параллакса звѣзда приходитъ на малой орбитѣ въ a , то отъ вліянія абберации она будетъ находиться на большей орбитѣ въ A , и уголъ ASa долженъ быть прямой. Если проведемъ линію AC , равную и параллельную Sa , и проведемъ SC , то отъ совмѣстнаго дѣйствія обѣихъ причинъ звѣзда будетъ видима въ C , на окружности круга, имѣющаго радіусомъ SC , въ точкѣ, лежащей впереди положенія A , услов-



ливаемаго абберацией, на уголъ ASC . Такъ какъ $SA : AC = 20,5 : 1$, то вычисленіе показываетъ, что уголъ $ASC = 2^\circ 47' 35''$, а длина SC радіуса круга, представляющаго сложное движеніе, равняется $20'',524$. Разность въ $0'',024$ между SC и радіусомъ круга абберации совершенно незаметна, и еслибы продолжительными наблюденіями было возможно обнаружить столь малую величину, то подлежало бы еще сомнѣнію, происходитъ ли она отъ параллакса или отъ собственной звѣздъ разницы въ средней величинѣ $20'',5$ абберации. Поэтому рѣшеніе задачи о параллаксѣ слѣдуетъ

искать въ означенныхъ $2^{\circ}48'$ разности въ угловомъ положеніи звѣзды на этой гипотетической орбитѣ, то-есть въ разности между такъ-называемымъ аргументомъ совокупной поправки γ_{SC} и аргументомъ одной абберации γ_{SA} . Читатель постигаетъ безъ труда, на какомъ тонкомъ изслѣдованіи, даже по устраненіи всѣхъ прочихъ затрудненій, должно быть основано опредѣленіе столь незначительной величины.

861. Отъ этихъ затрудненій освободиться не легко. Всѣ астрономическіе снаряды подлежатъ вліянію перемѣнъ температуры. Не только вещество, изъ котораго они сдѣланы, расширяется и сжимается, но камни, служащіе имъ опорой, и даже самая почва, на которой утверждаются послѣдніе, участвуютъ въ перемѣнахъ, связанныхъ съ переходомъ отъ лѣтняго тепла къ зимнему холоду. Отсюда происходятъ медленные, чрезмѣрно малыя движенія, которыя не могутъ быть обнаружены ни уровнемъ, ни отвѣсомъ, и которыя, за исключеніемъ случайныхъ и временныхъ измѣненій, *имѣютъ также годовой періодъ*, и по тому самому тѣсно сливаются съ перемѣнами, составляющими предметъ нашего изслѣдованія. Преломленіе, кромѣ случайныхъ ежедневныхъ измѣненій, уничтожающихся въ длинномъ рядѣ наблюденій, зависитъ, по своему теоретическому выраженію, отъ устройства воздушныхъ слоевъ атмосферы, и отъ закона распредѣленія тепла и водяныхъ паровъ на различныхъ высотахъ, на что различныя времена года неизбежно должны имѣть вліяніе. По этимъ причинамъ неудивительно, что до настоящаго времени, за исключеніемъ одного весьма замѣчательнаго случая, нельзя было достигнуть при помощи полуденныхъ наблюденій удовлетворительнаго количественнаго опредѣленія параллакса неподвижныхъ звѣздъ.

862. Помянутое исключеніе представляетъ α Кентавра, одна изъ самыхъ яркихъ и, во многихъ отношеніяхъ, одна изъ самыхъ замѣчательныхъ южныхъ звѣздъ. Изъ ряда своихъ наблюденій, сдѣланныхъ стѣннымъ кругомъ на королевской обсерваторіи Мыса Доброй Надежды, въ 1832 и

1833 годах, профессор Гендерсонъ, по возвращеніи въ Англію, нашелъ, что параллаксъ этой звѣзды равняется цѣлой секундѣ. Послѣдующія наблюденія, сдѣланныя Мак-лиромъ тѣмъ же стѣннымъ кругомъ и другимъ гораздо совершеннѣйшимъ снарядомъ того же рода, въ 1839 и 1840 годахъ, вполне подтвердили дѣйствительность параллакса, выведеннаго изъ наблюденій Гендерсона, хотя и оказалось, что величина его нѣсколько менѣе и равняется $0'',9128$ или приближенно $\frac{10}{11}$ секунды. Притомъ въ ближайшихъ сосѣднихъ звѣздахъ не замѣчено сходныхъ периодическихъ перемѣщеній, чѣмъ достаточно доказывається, что перемѣщенія, открытыя въ α Кентавра, не происходятъ отъ вліянія годовыхъ измѣненій въ температурѣ. Теперь нельзя еще ручаться за достовѣрность такой малой разницы, на которую послѣдній результатъ отличается отъ цѣлой секунды, и потому мы можемъ принять за приближенное выраженіе разстоянія этой звѣзды параллактическую единицу, предложенную въ § 859.

863. Не за долго до изданія въ свѣтъ этого важнаго результата ⁽¹⁾, знаменитый кенигсбергскій астрономъ Бессель, извѣстилъ о сдѣланномъ имъ открытіи ощутительнаго и удобоизмѣримаго параллакса въ 61-й, по каталогу Флэмстида, звѣздѣ Лебеди ⁽²⁾. Эта маленькая и незамѣтная звѣздочка, едва выступающая изъ шестой величины, была избрана предметомъ особыхъ изслѣдованій по причинѣ своего собственнаго движенія (см. § 907), то-есть правильнаго и прогрессивнаго перемѣщенія между окружающими звѣздами на $5''$ въ годъ, что весьма значительно превышаетъ среднюю величину подобныхъ перемѣщеній, усматриваемыхъ въ другихъ звѣздахъ, и приводитъ къ предположенію, что эта звѣзда дѣйствительно ближе другихъ къ нашей системѣ. Замѣчательно, что подобный признакъ сравнительной близости представляетъ и

⁽¹⁾ Записка профессора Гендерсона была читана въ Лондонскомъ Астрономическомъ Обществѣ 3 янв. 1839 г. Она помѣчена 23 дек. 1838 г.

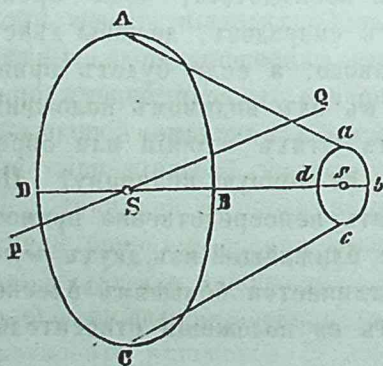
⁽²⁾ *Astronom. Nachr.* №№ 365, 366. 13 дек. 1838 г.

α Кентавра: профессоръ Гендерсонъ утверждаетъ, что необыкновенно большое собственное движеніе, почти въ 4" въ годъ, побудило его подвергнуть наблюденія надъ этою звѣздой строгому изслѣдованію для опредѣленія параллакса. Наблюденія Бесселя надъ 61-й Лебеда начались въ августѣ 1837 года, немедленно послѣ установки на кенигсбергской обсерваторіи великолѣпнаго гелиометра, работы знаменитаго мюнхенскаго оптика Фраунгофера, снаряда особенно удобнаго для принаровленной къ такой цѣли системы наблюденій. Она рѣзко отличается отъ непосредственныхъ полуденныхъ наблюденій, совершеніе ихъ по мысли, и гораздо точнѣе въ практикѣ, какъ то можно видѣть изъ слѣдующаго объясненія.

864. Единственныя уранографическія поправки, которыя не должны по необходимости дѣйствовать одинаково на видимое положеніе двухъ звѣздъ, расположенныхъ почти на одномъ и томъ же лучѣ зрѣнія, суть параллаксъ, собственное движеніе и удѣльная абберрація, разумѣя подъ послѣднимъ выраженіемъ ту часть абберраціи свѣта, которая можетъ происходить отъ особенныхъ свойствъ звѣзды и которая, судя по всѣмъ признакамъ, составляетъ чрезвычайно малую дробную часть полной величины. Представимъ себѣ двѣ звѣзды, находящіяся на огромномъ разстояніи одна позади другой, но расположенныя такъ, что усматриваются наблюдателемъ почти въ направленіи одного и того же луча зрѣнія; подобныя свѣтила называются *оптическими двойными звѣздами*, въ отличіе отъ *физическихъ* двойныхъ звѣздъ, о которыхъ мы будемъ говорить въ послѣдствіи; даже преломленіе и прічпы, зависящія отъ снарядовъ, должны дѣйствовать на такія звѣзды почти одинаково, а если будетъ принята въ расчетъ небольшая разница въ ихъ видимомъ положеніи, то можно или пренебречь разность этихъ вліяній или опредѣлить небольшимъ вычисленіемъ ея точную величину. Посему если мы не станемъ наблюдать непосредственно прямое восхожденіе и полярное разстояніе ближайшей изъ двухъ *неравныхъ* звѣздъ, которая вѣроятно отличается бѣльшимъ блескомъ, и ограничимся опредѣленіемъ ея положенія относительно дальнѣйшаго

и слабѣйшаго спутника *дифференціальными наблюденіями*, т. - е. измѣреніемъ *разности* ея положенія относительно послѣдней, то мы избавимся отъ необходимости брать въ соображеніе эти поправки, и отъ всякаго вліянія ихъ неточности на результатъ. Равнымъ образомъ всѣ погрѣшности въ установкѣ (§ 139), въ дѣленіи, и множество другихъ ошибокъ снаряда, которыя могли бы имѣть пагубное для столь тонкой цѣли дѣйствіе на опредѣленіе положенія каждой изъ наблюдаемыхъ звѣздъ, дѣлаются безвредными, коль скоро требуется найти только разность ихъ положеній, подлежащихъ въ одинаковой степени вліянію этихъ причинъ.

865. Оставимъ покуда въ сторонѣ всѣ эти поправки, и не обращая вниманія на чрезвычайно слабое вліяніе удѣльной абберраціи и непрерывно возрастающее дѣйствіе собственнаго движенія, рассмотримъ вліяніе разности параллаксѣвъ двухъ расположенныхъ въ одномъ направленіи звѣздъ, или перемѣны въ ихъ взаимномъ разстояніи и относительномъ положеніи въ различныя времена года. Такъ какъ параллаксы обратно пропорціональны разстояніямъ, то размѣры маленькихъ эллипсовъ, повидимому описываемыхъ каждою звѣздой на вогнутой поверхности неба (§ 860), вслѣдствіе параллактическихъ перемѣщеній, будутъ различны, и ближайшей звѣздѣ долженъ соответствовать болѣе большой эллипсисъ. Но такъ какъ обѣ звѣзды лежатъ почти въ одномъ направленіи относительно Солнца, то эллипсисы ихъ будутъ подобны и сходно расположены. Пусть S и s означаютъ положенія двухъ звѣздъ,



наблюдаемыхъ изъ Солнца, и пусть $ABCD$ и $abcd$ представляютъ ихъ параллактическіе эллипсисы. Звѣзды должны всегда имѣть на этихъ эллипсисахъ сходное положеніе, и потому когда одна звѣзда видима въ A , тогда другая усматривается въ a ; по окончаніи Землею четверти обращенія, видимыя положенія звѣздъ будутъ B и b , послѣ другой четверти — C и c , а послѣ третьей четверти D и d . Поэтому, измѣряя тщательно приспособленнымъ къ цѣли микрометромъ видимыя положенія звѣздъ относительно другъ друга въ различныя времена года, мы замѣтимъ періодическія перемѣны какъ въ направленіи соединяющей ихъ линіи, такъ и въ ихъ взаимномъ разстояніи; ибо ясно, что линіи Aa и Cc не могутъ быть параллельны, а линіи Bb и Dd не могутъ быть равны, если размѣры эллипсисовъ не одинаковы, то-есть если обѣ звѣзды не имѣютъ равнаго параллакса, или не удалены отъ Земли на равное разстояніе.

866. Посредствомъ микрометровъ можно измѣрять весьма точно взаимное разстояніе двухъ предметовъ, видимыхъ вмѣстѣ въ полѣ зрѣнія трубы, и опредѣлять положеніе соединяющей ихъ линіи относительно горизонта, меридіана, и всякаго другаго направленія на небесномъ сводѣ. Микрометръ съ двойнымъ изображеніемъ и особенно гелиометръ (§§ 203, 204) весьма удачно приспособлены къ этой цѣли. Отъ вліянія всякихъ скоротечныхъ измѣненій въ преломленіи и сотрясеній снаряда, изображенія обѣихъ звѣздъ, видимыхъ рядомъ, или на продолженіи одной линіи, *движутся вмѣстѣ* и сохраняютъ неизмѣнно свое положеніе относительно другъ друга, такъ что всѣ подобныя неправильныя движенія не могутъ повредить правильности сужденія. Гелиометръ обнимаетъ своимъ полемъ зрѣнія бѣльшее пространство чѣмъ обыкновенныя микрометры, позволяетъ сравнивать свѣтлую звѣзду съ нѣсколькими окружающими мелкими звѣздочками, и избирать между многими изъ нихъ именно тѣ, которыя всего удобнѣе могутъ обнаружить движеніе свѣтлой звѣзды, не раздѣляемое сосѣдними звѣздочками.

867. Звѣзда, изслѣдованная Бесселемъ, имѣетъ двухъ подобныхъ спутниковъ; оба они весьма малы, и потому вѣроятно очень отдаленны, и имѣютъ самое благопріятное расположение; одна звѣздочка (s) отстоитъ отъ большой звѣзды на $7' 42''$, а другая (s') на $11' 46''$, и направленія, соединяющія ихъ съ этою звѣздой, взаимно перпендикулярны другъ къ другу. Поэтому разстоянія Ss и Ss' , измѣняясь отъ вліянія параллакса, должны достигать поочередно чрезъ три мѣсяца своихъ наибольшихъ и наименьшихъ величинъ, что и было дѣйствительно замѣчено: одно разстояніе, когда было принято въ соображеніе собственное движеніе, всегда быстро увеличивалось или уменьшалось, между тѣмъ какъ другое пребывало неизмѣннымъ. Эти поочередныя перемѣны хотя и были столь мелки, что давали для параллакса, или правильнѣе, для разности параллаксовъ большой звѣзды и малыхъ звѣздочекъ, величину едва превышающую одну треть секунды, тѣмъ не менѣе они представляли такой правильный ходъ, что исчезало всякое разумное сомнѣніе въ ихъ причинѣ. Повтореніе этихъ наблюденій и новѣйшее, почти тождественное подтвержденіе доставленнаго ими результата, наблюденіями, сдѣланными надъ тою же звѣздой на пулковской обсерваторіи Петерсомъ (¹), дѣлаютъ найденную величину совершенно достовѣрною. Изъ наблюденій Бесселя окончательно слѣдуетъ, что параллаксъ 61-й Лебеда равняется $0'',348$, такъ что разстояніе этой звѣзды отъ нашей системы заключаетъ въ себѣ около трехъ параллактическихъ единицъ (§ 859).

868. Блестящая звѣзда α Лиры, имѣющая также близъ себя весьма малую звѣздочку, въ разстояніи только $43''$ (и слѣдовательно въ предѣлахъ промежутка, доступнаго параллельной нити микрометра съ двойнымъ изображеніемъ), была подвергнута Струве съ 1835 года строгому и тщательному изслѣдованію, помощію дифференціальныхъ наблюденій. Онъ доказалъ, что большая звѣзда имѣетъ удобоизмѣримый параллаксъ. Величина его составляла лишь $\frac{1}{4}$ секунды,

(¹) Эти наблюденія сдѣланы большимъ вертикальнымъ кругомъ Эртеля.

еще менѣе параллакса 61-й Лебеда, но измѣренія были столь точны, что этотъ превосходный наблюдатель не усомнился объявить весьма вѣроятнымъ результатъ, выведенный изъ наблюдений, собранныхъ въ продолженіе только пяти ночей 1835 и 1836 гг. Измѣренія, продолженные до конца 1838 года, и подтвердительный, хотя и не совсѣмъ согласный результатъ изслѣдованій Петерса, возвели эту вѣроятность на степень достовѣрности. Струве первому принадлежитъ честь практическаго приложенія этого способа наблюдений. Еще въ 1781 г. ⁽¹⁾ Уильямъ Гершель предложилъ его астрономамъ и указалъ его важныя преимущества, но онъ долго не приносилъ полезныхъ результатовъ, частію по причинѣ несовершенства микрометровъ для измѣренія разстояній, частію по причинѣ другихъ обстоятельствъ.

869. Если звѣзды *S* и *s* (черт. § 865) очень близки между собою, то параллактическое измѣненіе ихъ *угла положенія*, составляемаго линіями *Aa* и *Cc* можетъ быть очень значительно, даже при небольшой разности между параллаксами большой и малой звѣзды. Такъ, напримѣръ, если звѣзды удалены одна отъ другой на 15" и имѣютъ благоприятное для наблюдений расположеніе, то годовыя уклоненія въ ту и въ другую сторону соединяющей ихъ линіи величиною въ полградуса, который не могутъ укрыться отъ тщательныхъ наблюдений, соотвѣтствуютъ параллаксу въ $\frac{1}{8}$ секунды. Разница въ 1" для звѣздъ, удаленныхъ между собою на 5", сообщаетъ этой линіи колебаніе въ 11°, а при меньшемъ разстояніи, еще пропорціонально большее. Этотъ способъ наблюдений былъ приложенъ лордомъ Ротслеемъ (Wrottesley) ко многимъ звѣздамъ такъ успѣшно, что желательно видѣть плоды его дальнѣйшаго употребленія (*Philosoph. Trans.* 1851 г.) ⁽²⁾.

(1) Этотъ способъ приписывали даже Галилею, но въ общемъ объясненіи параллакса въ *Systema Cosmicum*, Dial. III, стр. 871 (лейденскаго изданія 1699 г.), на которое обыкновенно ссылаются, не изложены подробности и не обращено вниманія на затрудненія.

(2) См. въ *Philosoph. Trans.* 1826 г., ст. 266 и слѣд., и 1827 г., списокъ звѣздъ, удобныхъ для наблюдений этого рода, съ означеніемъ самаго бла-

870. До настоящего времени болѣе или менѣе вѣроятная величина параллакса опредѣлена для слѣдующихъ главныхъ звѣздъ:

α Кентавра	0",976	(Результатъ Гендерсона, исправленный Петерсомъ).
61-й Лебедя	0,348	(Бессель).
α Лирь	0,155	(Результатъ В. Струве, исправленный О. Струве).
Сириуса	0,150	(Результатъ Гендерсона, исправленный Петерсомъ).
1830 Грумбриджа ⁽¹⁾	0,71	(Вихманъ).
ϵ Большой Медвѣдцы	0,133	(Петерсъ).
Арктуръ	0,127	(Петерсъ).
Полярной	0,067	(Петерсъ).
Капеллы	0,046	(Петерсъ).

Четыре послѣдніе результата столь малы, что ихъ числовыя величины нельзя признать весьма достовѣрными; впрочемъ не подлежитъ сомнѣнію, что параллаксы не слѣдуютъ порядку величинъ: α Лебедя, по изслѣдованію Петерса, не представляетъ ни малѣйшихъ слѣдовъ измѣримаго параллакса.

871. Отъ разстоянія звѣздъ естественно обратиться къ ихъ величинѣ. Но здѣсь мы встрѣчаемъ такое затрудненіе, которое, судя по тому, что достигается оптическими снарядами, останется навсегда непреодолимымъ. Телескопы даютъ намъ лишь отрицательное понятіе о видимомъ угловомъ діаметрѣ звѣздъ. Круглые, ясно ограниченные диски, показываемые хорошими телескопами, направленными на блестящія звѣзды, составляютъ явленіе дифракціи, зависящее, доселѣ не совсѣмъ еще разгаданнымъ образомъ, отъ интерференціи лучей свѣта; эти диски не болѣе какъ оптическіе призраки, и потому называются *ложными*. Доказательствомъ тому служитъ то, что трубы съ разными отверстіями и различными увеличеніями даютъ при измѣреніи этихъ дисковъ различные результаты. Чѣмъ болѣе отверстіе, даже при оди-

гпроіятнаго времени года. Списокъ въ *Philosoph. Trans.* 1826 г. опшбоченъ.

(¹) По каталогу околополярныхъ звѣздъ Грумбриджа.

наковомъ увеличиваніи, тѣмъ меньшая получается мѣра величины диска. Покрытія звѣздъ Луною показываютъ, что даже самыя большія и блестящія звѣзды должны имѣть чрезвычайно малую угловую величину, ибо всѣ онѣ меркнутъ *мгновенно*, безъ малѣйшаго признака постепеннаго ослабленія свѣта. Притомъ видимые или ложные диски остаются совершенно круглыми и полными до самаго момента исчезновенія; чего бы также не могло быть, еслибъ они были не призраки. Діаметръ нашего Солнца въ $32'1''{,}5$, удаленный на разстояніе, равное паралактической единицы (§ 859), обратился бы въ $0'',0099$, или менѣе чѣмъ въ одну сотую секунды, и нѣтъ ни малѣйшаго основанія надѣяться, чтобы дальнѣйшія усовершенствованія трубы доставили намъ когда-нибудь возможность отличать *форму* предметовъ столь ничтожной величины.

872. Остается еще опредѣлить количество свѣта, испускаемаго звѣздами. И здѣсь мы встрѣчаемъ препятствіе въ новомъ затрудненіи. Свѣтъ Солнца такъ безконечно превосходитъ своею напряженностію свѣтъ каждой звѣзды, что прямое сравненіе ихъ между собою невозможно. Но если мы воспользуемся для сравненія Луной, какъ посредствующимъ членомъ, то можно достигнуть цѣли, хотя и не весьма точно, но достаточно близко для удовлетворенія нашего любопытства. Сравненіе α Кентавра съ Луной было сдѣлано по способу, объясненному въ § 838. Изъ одиннадцати подобныхъ сравненій, сдѣланныхъ при различныхъ видахъ Луны, послѣ всѣхъ нужныхъ приведеній, и принявъ въ соображеніе, на основаніи фотометрическихъ началъ, потерю Луннаго свѣта при прохожденіи чрезъ обоюдвыпуклое стекло и призму, оказывается, что свѣтъ полнолунія относится къ свѣту α Кентавра какъ 27408 къ 1. Способъ неподлежащій, кажется, возраженію привелъ Воластона къ заключенію ⁽¹⁾, что свѣтъ Солнца относится къ свѣту полнолунія какъ 801072 къ 1. Совокупявъ эти результаты, находимъ, что

(1) Воластонъ. *Philosoph. Trans.* 1839. стр. 27.

свѣтъ, получаемый нами отъ Солнца, въ 21 955 000 000, или почти въ двадцать двѣ тысячи миллионовъ разъ сильнѣе свѣта α Кентавра. Величина параллакса, приписываемаго этой звѣздѣ, показываетъ, что блескъ ея, на одинаковомъ разстояніи съ Солнцемъ, долженъ быть въ 2,3247 раза ярче блеска этого свѣтила ⁽¹⁾.

873. Свѣтъ Сиріуса вчетверо сильнѣе свѣта α Кентавра, а параллаксъ его равняется $0'',15$ (§ 870). Поэтому собственный блескъ Сиріуса долженъ быть въ 96,63 раза ярче блеска α Кентавра, и слѣдовательно въ 224,7 раза ярче блеска нашего Солнца ⁽²⁾.

⁽¹⁾ *Results of Astronomical Observations at the Cape of good Hope, etc.* § 278, ст. 363. Результаты, полученные близъ лунныхъ квадратуръ (эти положенія для точности самыя благоприятныя) даютъ для собственного блеска звѣзды, принявъ блескъ Солнца за единицу, 4,1586. Между тѣмъ какъ результаты, выведенныя въ полнолуніе (самое невыдое для наблюдений время) даютъ только 1,4017. Подобная разниа не удивитъ свѣдущаго въ фотометріи читателя. Можно принять за достовѣрное, что α Кентавра испускаетъ болѣе свѣта, чѣмъ наше Солнце. Для желающихъ справиться съ вышепомянутыхъ сочиненіемъ, нужно замѣтить, что количество, означенное тамъ буквою М, выражаетъ, по принятому здѣсь масштабу, 500 - кратную освѣщающую силу Луны во время наблюденія, полагая свѣтъ полнолунія равнымъ единицѣ.

⁽²⁾ См. помянутое сочиненіе, ст. 367. Воластонъ принимаетъ свѣтъ Сиріуса равнымъ одной 20 000-милліонной доль свѣта Солнца. Штейнгейль по весьма сомнительному способу нашелъ, что $\odot = (3\ 286\ 500)^2 \times$ Арктура.

ГЛАВА XVI.

Переменные и периодические звѣзды. — Списокъ извѣстныхъ до-
селѣ свѣтилъ этого рода. — Неправильности ихъ періодовъ и степени
наибольшаго блеска. — Неправильныя и временныя звѣзды. — Древнія
китайскія преданія о подобныхъ звѣздахъ. — Пропавшія звѣзды. —
Двойныя звѣзды. — Ихъ классификація. — Образцы каждаго класса. —
Двойныя системы. — Обращеніе другъ около друга. — Двойныя звѣзды
описываютъ эллиптическія орбиты подъ вліяніемъ Ньютонова за-
кона тяготѣнія. — Элементы нѣкоторыхъ орбитъ. — Истинные раз-
мѣры орбитъ. — Цвѣтныя двойныя звѣзды. — Явленіе дополнитель-
ныхъ цвѣтовъ. — Багровыя звѣзды. — Собственное движеніе звѣздъ. —
Оно отчасти объясняется движеніемъ Солнца. — Положеніе точки,
къ которой стремится Солнце. — Южныя и сѣверныя звѣзды даютъ
согласные результаты. — Начала, на которыхъ основывается изслѣ-
дованіе движенія Солнца. — Истинная скорость движенія Солнца. —
Предположеніе объ обращеніи всей звѣздной системы около об-
щаго центра. — Системный параллаксъ и системная абберрація. —
Вліяніе движенія свѣта на измѣненіе видимаго періода двойной
звѣзды.

874. Для какой цѣли разсѣяны эти великолѣпныя
тѣла въ безднѣ пространства? Конечно, не для освѣщенія
нашихъ ночей, ибо другая, въ тысячу разъ меньшая Луна
лучше бы исполнила такое назначеніе; — и не для того, чтобы
блистать предъ нашими глазами безсмысленнымъ зрѣлищемъ
и заставлять насъ теряться въ тщетныхъ предположеніяхъ.
Звѣзды, правда, полезны намъ, какъ вѣрныя и неподвижныя точки

сравненія; но тотъ напрасно учился астрономіи, кто признаетъ человѣка единственнымъ предметомъ заботливости Творца и въ окружающей насъ дивной и обширной вселенной не усматриваетъ мѣста для одушевленныхъ существъ иной породы. Планеты, какъ мы видѣли, заимствуютъ свой свѣтъ отъ Солнца; но не отраженнымъ блескомъ сіяютъ звѣзды. Последнія, безъ сомнѣнія, составляютъ своего рода солнца, и каждая изъ нихъ, въ своей сферѣ, можетъ-быть служить главнымъ центромъ для обращающихся вокругъ нея планетъ или тѣлъ, о которыхъ мы не можемъ составить себѣ понятія на основаніи аналогіи съ тѣмъ, что представляетъ наша система.

875. Впрочемъ, есть такія аналогіи, основанныя не на однихъ только предположеніяхъ, которыя означаютъ, что въ отдаленномъ звѣздномъ пространствѣ господствуютъ динамическіе законы, сходные съ законами, управляющими движеніями нашей системы. Гдѣ можно замѣтить законъ періодичности—правильное повтореніе тѣхъ же явленій, въ тѣ же промежутки времени,—тамъ мы охотно останавливаемся на понятіи о вращеніи или движеніи по орбитѣ. Между звѣздами встрѣчаются многія свѣтила, не отличающіяся отъ другихъ звѣздъ ни видимою перемѣной своего мѣста, ни сколько-нибудь особеннымъ видомъ въ трубѣ, но обнаруживающія болѣе или менѣе правильное періодическое увеличиваніе и уменьшеніе блеска, доходящее въ одномъ или въ двухъ случаяхъ до полного исчезновенія и появленія вновь. Такія звѣзды называются періодическими. Самая замѣчательная изъ нихъ и долѣе другихъ извѣстная есть звѣзда *омикронъ* въ созвѣздіи Кита (такъ-называемая *Mira Ceti*), которая какъ перемѣнная звѣзда замѣчена въ первый разъ Фабриціемъ, въ 1596 г. Она появляется около двѣнадцати разъ въ одиннадцать лѣтъ, или, точнѣе, имѣетъ періодъ въ $331^{\text{д}} 8^{\text{ч}} 4^{\text{м}} 16^{\text{с}}$; остается въ наибольшемъ блескѣ около двухъ недѣль, равняясь иногда съ крупною звѣздой второй величины; потомъ свѣтъ ея слабѣетъ въ продолженіи трехъ мѣсяцевъ, звѣзда становится наконецъ совершенно невидимою для простаго глаза, пребываетъ въ этомъ положеніи около пяти мѣсяцевъ, и потомъ снова увеличи-

вается въ продолженіе остальной части періода. Впрочемъ она не всегда достигаетъ равнаго блеска, не всегда проходить чрезъ тѣ же степени яркости и возвращается послѣдовательно къ наибольшей своей величинѣ не всегда чрезъ равныя промежутки времени. Изъ новѣйшихъ наблюденій и изслѣдованій ея исторіи Аргеландеромъ оказывается, что выше-означенный средній періодъ подлежитъ циклическому колебанію, обнимающему собою восемьдесятъ восемь такнхъ періодовъ, отъ вліянія котораго эти промежутки постепенно и попеременно то увеличиваются, то сокращаются на двадцать пять дней ⁽¹⁾. Неправильности въ степени наибольшаго блеска вѣроятно тоже періодическія. Гевелій рассказываетъ ⁽²⁾, что въ теченіе четырехъ лѣтъ, съ октября 1672 года по декабрь 1676 года, эта звѣзда вовсе не являлась. Она была необыкновенно ярка 5 октября 1839 г. (въ эпоху своего наибольшаго блеска въ этомъ году, по наблюденіямъ Аргеландера), превзошла тогда α Кита, и равнялась β Возничаго.

876. Алголь, или β Персея, представляетъ намъ собою другую замѣчательную періодическую звѣзду. Она обыкновенно является звѣздою второй величины, и остается такою въ продолженіе $2^h 13^m \frac{1}{2}^s$, потомъ блескъ ея внезапно ослабѣваетъ, и въ теченіе $3^h \frac{1}{2}$ часовъ звѣзда уменьшается до четвертой величины. Въ этомъ положеніи она пребываетъ 15^m , послѣ чего она начинаетъ увеличиваться, и въ $3^h \frac{1}{2}$ часа возвращается къ прежнему блеску, употребивъ такимъ образомъ на всѣ свои перемѣны $2^h 20^m 48^s 54^c, 7$. Столь замѣчательный законъ измѣненія, конечно, сильно говоритъ въ пользу обращенія темнаго тѣла, которое, помѣщаясь между нами и Алголемъ, заслоняетъ собою большую часть его свѣта. Такъ и объяснялъ это явленіе Гудрике ⁽³⁾, открывшій его въ 1782 г. Съ

(1) *Astron. Nachr.* № 624.

(2) Лаландъ, *Astronomie*, § 794.

(3) Это открытіе, какъ кажется, сдѣлано еще, около того же времени, Палчемъ, фермеромъ въ Пролцѣ близъ Дрездена, крестьяниномъ по происхожденію и астрономомъ по врожденнымъ способностямъ, который, по близкому своему знакомству съ небомъ, обратилъ вниманіе на эту звѣзду, среди мно-

тѣхъ поръ оно было постоянно наблюдаемо, и въ немъ замѣчено еще одно любопытное обстоятельство: сравненіе первыхъ наблюденій съ повѣйшими показало, что продолжительность періода уменьшается. Последнія наблюденія Аргеландера, Гейса и Шмидта даже доказываютъ, что періодъ уменьшается не равномерно, а съ возрастающею быстротою; впрочемъ это вѣроятно не будетъ продолжаться непрерывно, но, подобно другимъ циклическимъ оборотамъ, встрѣчаемымъ въ астрономіи, и здѣсь уменьшеніе сперва станетъ постепенно замедляться, а потомъ переиѣнится на увеличиваніе, сообразно съ тѣми законами періодичности, которые, равно какъ и самая причина явленія, еще неизвѣстны. Въ первый разъ въ 1844 году эта звѣзда имѣла наименьшую величину 3 января въ $4^{\text{h}}14^{\text{m}}$ средняго гриничскаго времени (1).

877. Звѣзда δ въ созвѣздіи Кефея также подвержена періодическимъ измѣненіямъ, которыя, со времени первыхъ наблюденій Гудрике въ 1784 г., повторялись до настоящаго времени съ совершенною правильностію. Періодъ отъ одного наименьшаго блеска до другаго продолжается $5^{\text{d}}8^{\text{h}}47^{\text{m}}39^{\text{s}},5$. Первая въ 1849 г. эпоха наименьшаго свѣта случилась 2 января въ $3^{\text{h}}13^{\text{m}}37^{\text{s}}$ средняго гриничскаго времени. Предѣлами измѣненій служатъ величины пятая и промежуточная между третьей и четвертой. Свѣтъ быстрее усиливается нежели слабѣетъ; промежутокъ отъ наименьшаго до наибольшаго блеска продолжается только $1^{\text{d}}14^{\text{h}}$, между тѣмъ какъ отъ наибольшаго до наименьшаго блеска проходитъ $3^{\text{d}}19^{\text{h}}$.

878. Періодическая звѣзда β Лиры, открытая Гудрике въ томъ же 1784 г., имѣетъ періодъ, который обык-

гихъ тысячъ другихъ ей подобныхъ звѣздъ, по причинѣ ея переменнаго свѣта, и опредѣлилъ ея періодъ. Тотъ же Палль первый усмотрѣлъ предсказанную комету Галлея, въ 1759 г., и видѣлъ ее почти мѣсяцемъ ранѣе всѣхъ астрономовъ, нетерпѣливо сторожившихъ съ своими трубами ея возвращеніе. Этотъ анекдотъ возвращаетъ насъ въ эпоху халдейскихъ пастырей. Монтанара въ 1669 г. и Маральди въ 1694 г. уже замѣтили колебаніе въ блескѣ Алголя.

(1) *Astronom. Nachr.* № 472.

повенно полагали равнымъ отъ $6^{\text{д}} 9^{\text{ч}}$ до $6^{\text{д}} 11^{\text{ч}}$, и нѣтъ сомнѣнія, что въ продолженіе этого промежутка времени свѣтъ ея замѣчательно меркнетъ и усиливается. Но болѣе точныя наблюденія Аргеландера привели его къ заключенію ⁽¹⁾, что истинный періодъ продолжается $12^{\text{д}} 21^{\text{ч}} 53^{\text{м}} 10^{\text{с}}$, что въ теченіе этого времени звѣзда является два раза въ наибольшемъ и два раза въ наименьшемъ блескѣ, и что наибольшій ея блескъ оба раза бываетъ почти одинаковъ и равняется величинѣ 3,4, между тѣмъ какъ наименьшій блескъ бываетъ оба раза замѣтно различенъ и мѣняется отъ величины 4,3 до 4,5. Въ добавленіе къ этому любопытному подраздѣленію полнаго промежутка на два полуперіода, мы видимъ еще въ этой звѣздѣ другой примѣръ медленнаго измѣненія періода, измѣненія, по всему вѣроятію, также періодическаго. Со времени открытія въ 1784 г. до 1840 г. періодъ непрерывно дѣлался длиннѣе и увеличивался все медленнѣе и медленнѣе до означеннаго срока, въ который увеличиваніе прекратилось и перемѣнилось на медленное уменьшеніе. По вычисленіямъ Аргеландера, эпохою самой малой наименьшей величины блеска этой звѣзды слѣдуетъ принять 3 января 1846 года, въ $3^{\text{д}} 0^{\text{ч}} 9^{\text{м}} 53^{\text{с}}$ по среднему гриничскому времени.

879. Къ числу періодическихъ звѣздъ, которыхъ измѣненія были тщательно наблюдаемы, должно отнести еще γ Орла, или Антиноя, признанную свѣтиломъ этого разряда Пиготтомъ въ 1784 г., такъ богатомъ подобными открытіями. Ея періодъ продолжается $7^{\text{д}} 4^{\text{ч}} 13^{\text{м}} 53^{\text{с}}$; первая наименьшая величина въ 1849 г. наступила 2 января въ $19^{\text{ч}} 22^{\text{м}} 55^{\text{с}}$ средняго гриничскаго времени. Звѣзда переходитъ изъ 5-й величины въ величину 4,3 въ пятьдесятъ семь часовъ, и потомъ, въ теченіи 115 часовъ, свѣтъ ея убываетъ.

880. Въ слѣдующемъ спискѣ помѣщена большая часть извѣстныхъ до настоящаго времени перемѣнныхъ звѣздъ:

⁽¹⁾ *Astronom. Nachr.* № 624. См. также любопытныя записки этого замѣчательнаго астронома въ *Astr. Nachr.* №№ 417, 455 и др.

Названія звѣздъ.	Прямое вос- хожд. 1850.	Расст. отъ сѣверн. пол. 1850.	Величина.		Періодъ въ дняхъ.	Кѣмъ открыты.
			Наиб.	Наим.		
Т Рыбъ.	0 ⁰ 24	76 ⁰ 23'	9,5	11	242 ±	Лютеръ, 1855.
α Кассіопеи. . .	0 32	34 17	2	2,5	79,1	Биртъ, 1831.
S Рыбъ.	1 10	81 51	9	13		Гейндъ, 1851.
R Рыбъ.	1 23	87 54	7,5	9,5	343	Гейндъ, 1850.
ο Кита.	2 12	93 40	2	12	331,336	Фабрицій, 1596.
β Персея	2 58	49 38	2,3	4,5	2,8673	Гудрике, 1782.
λ Тельца.	3 54	77 56	4	5,4	4 ±	Баксенделъ, 1848.
R Тельца.	4 20	80 10	8	13,5		Гейндъ, 1849.
R Оріона	4 51	82 6	9	12,5	237 ?	Гейндъ, 1848.
ε Возничаго . .	4 51	46 24	3	4	250 ±	Гейсъ, 1846.
	4 53	105 2	7			Шмидтъ, 1855.
α Оріона	5 47	82 38	1	1,5	196 ±	Джонъ Гершель, 1836
ζ Близнацовъ. .	6 25	69 13	3,7	4,5	10,15	Шмидтъ, 1847.
R Близнацовъ. .	6 58	67 4	7	11	370	Гейндъ, 1848.
R Мал. Пса. . .	7 0	79 44	8			Аргеландеръ, 1854
S Мал. Пса. . .	7 25	81 22	8,1			Гейндъ, 1856.
S Близнацовъ. .	7 34	66 12	9	13,5	295	Гейндъ, 1848.
T Близнацовъ. .	7 40	65 54	9	13,5	287	Гейндъ, 1848.
U Близнацовъ. .	7 46	67 37	9	13,5	100 ?	Гейндъ, 1855.
R Рака.	8 8	77 51	6	10	380	Швертъ, 1829.
S Рака.	8 35	70 25	8	10,5	9,484	Гейндъ, 1848.
	8 46	86 22	8,5	13,5	260	Гейндъ, 1848.
	8 48	69 35	8,5	12		Гейндъ, 1850.
	8 49	98 39	8,5	10,5	240 ±	Гейндъ, 1851.
α Гидры.	9 20	98 0	2,5	3	55	Джонъ Гершель, 1837
з Льва	9 21	81 10	6	0	78	Смитъ, —?
ψ Льва	9 36	75 18	6	0	Продолж.	Монтанара, 1667.
R Льва.	9 39	77 53	5	10	313 ?	Кохъ, 1782.
R Больш. Медвѣд.	10 34	20 26	7,5	13	301,35	Погсонъ, 1853.
η Аргуса	10 39	148 54	1	4	Неправ.	Берчелъ, 1823.
α Больш. Медвѣд.	10 54	27 26	1,5	2	Продолж.	Лаландъ, 1786.
δ Больш. Медвѣд.	12 8	32 8	2	2,5	Продолж.	
R Дѣвы	12 31	82 11	6,5	11	145,724	Гардингъ, 1809.
S Больш. Медвѣд.	12 37	28 5	7	12	221,750	Погсонъ, 1853.

Названія звѣздъ.	Прямое восхожд. 1850.	Разст. отъ сѣвери. пол. 1850.	Велѣчина.		Періодъ въ дняхъ.	Кѣмъ открыты.
			Наиб.	Наим.		
υ Гидры	13 ⁰ 22'	112 ⁰ 20'	4	10	495	Маральди, 1704.
S Дѣвы	13 25	96 25	5,5	11	377?	Гейндъ, 1852.
η Больш. Медвѣд.	13 42	39 56	1,5	2	Продолж.	Лалаидъ, 1786.
Вѣсовъ	14 45	101 45	8	9,5		Шумахеръ,—?
β Мал. Медвѣд.	14 51	15 14	2	2,5	Продолж.	Струве, 1838.
S Змѣи	15 15	75 9	8	10	367	Гардингъ, 1828.
R Сѣвери. Вѣща.	15 42	61 23	6	...	323	Пиготтъ, 1795.
R Змѣи	15 44	74 24	6,5	10	359	Гардингъ, 1826.
	16 9	112 20	9	12		Шакорнакъ, 1855.
S Зміеносца.	16 26	106 52	9,3	13,5	220 ±	Погсонъ, 1854.
• Новая.	16 51	102 39	4,5	13,5		Гейндъ, 1848.
R Зміеносца.	16 59	105 53	8	13	396?	Погсонъ, 1853.
α Геркулеса.	17 8	75 26	3,1	3,7	66,33?	Уил. Гершель, 1795.
k Южнаго Вѣща.	18 23	128 50	3	6	Продолж.	Галлей, 1676.
R Щита.	18 39	95 51	5	9	61	Пиготтъ, 1795.
β Лпы	18 45	56 49	3,5	4,5	12,914	Гудрике, 1784.
13 Лпы	18 51	46 15	4,3	4,6	48	Баксенделъ, 1856.
R Лебедя	19 33	40 8	8	14	415,50	Погсонъ, 1812.
χ Лебедя	19 41	56 37	5	11	406,06	Кпрхъ, 1687.
η Ора.	19 45	89 22	3,3	4,7	7,1763	Пиготтъ, 1784.
R Козерога	20 3	104 42	9,5	13,5		Гейндъ, 1848.
43 Лебедя	20 12	52 26	3	6	18 лѣтъ?	Янсонъ, 1600.
Дельфина.	20 33	77 49	8	8	274?	Струве, 1823.
Мал. Медвѣд.	20 38	1 20	5	11		Погсонъ, 1853.
η Лебедя	21 20	55 19	4,5	5,5	Продолж.	Дж. Гершель, 1842.
μ Кефея.	21 39	31 54	3	6	Продолж.	Уил. Гершель, 1782.
S Пегаса	22 15	82 44	8,5	13,5		Гейндъ, 1848.
δ Кефея	22 24	32 31	3,7	4,7	5,3664	Гудрике, 1784.
β Пегаса	22 57	62 44	2	2,5	41	Шмидтъ, 1848.
R Пегаса	22 59	80 16	8,5	13,5	350	Гейндъ, 1848.
R Водолея.	23 37	106 6	6,5	10	388,50	Гардингъ, 1810.
R Кассіопея.	23 51	39 26	6	14	434?	Погсонъ, 1853.

881. Неправильности въ наибольшемъ и наименьшемъ блескѣ звѣзды въ послѣдовательные періоды, подобныя замѣченнымъ въ α Кита, были наблюдаемы у многихъ другихъ звѣздъ этого списка. Такъ напримѣръ χ Лебеда, по увѣренію Кассини, была едва видима въ то время, когда ей слѣдовало сіять самымъ яркимъ свѣтомъ, въ 1699, 1700 и въ 1701 годахъ. Звѣзда 59 Щита въ своемъ наименьшемъ блескѣ бываетъ то видима, то невидима простымъ глазомъ, и представляетъ также много неправильностей въ своей наибольшей величинѣ. Звѣзда Пиготта въ Сѣверномъ Вѣнцѣ, по увѣренію Аргеландера, измѣняется такъ мало, что едва можно отличить невооруженнымъ глазомъ, когда она бываетъ въ своемъ наибольшемъ и наименьшемъ блескѣ; но послѣ многолѣтнихъ слабыхъ перемѣнъ блескъ этой звѣзды мѣняется вдругъ такъ значительно, что она совершенно исчезаетъ. Измѣненія α Оріона, столь поразительныя и несомнѣнныя въ промежуткѣ отъ 1836 до 1840 года, сдѣлались съ послѣдней поры гораздо менѣе замѣтными. Въ январѣ 1849 года ея измѣненія снова увеличились, а 5 декабря 1852 года α Оріона, по наблюденію Флетчера, казалась ярче Капеллы и была дѣйствительно самою блестящею звѣздой сѣвернаго полушарія. Звѣзда U Близнецовъ въ предыдущемъ спискѣ, по увѣренію Погсона, подвергается измѣненіямъ отъ девятой до тринадцатой величины, въ продолженіи краткаго промежутка отъ девяти до пятнадцати секундъ, между тѣмъ, какъ окружающія звѣзды одинаковаго съ нею блеска пребываютъ неизмѣнными.

882 Эти неправильности приготавливаютъ насъ къ явленію другаго рода въ звѣздныхъ измѣненіяхъ, которыя до сихъ поръ не были подчинены періодическому закону, и по нашему незнанію и нашей неопытности должны быть разсматриваемы какъ явленія чисто случайныя. Если они и имѣютъ періоды, то послѣдніе такъ продолжительны, что не могли еще повториться въ промежутокъ времени, обнимаемаго дошедшими до насъ наблюденіями. Мы говоримъ о тѣхъ *проходящихъ звѣздахъ*, которыя отъ времени до времени по-

являлись въ различныхъ частяхъ неба, сіяли яркимъ свѣтомъ и, оставаясь неподвижными, исчезали безъ слѣда. Такова была звѣзда, появившаяся внезапно около 125 года до Р. Х.; она была видна днемъ, обратила на себя вниманіе Гиппарха, и побудила его, какъ увѣряютъ, составить древнѣйшее пзвѣстное намъ росписаніе звѣздъ. Подобная же звѣзда появилась въ 389 году по Р. Х. близъ α Орла, сверкала три недѣли блескомъ Венеры и потомъ совершенно исчезла. Въ 945, 1264 и 1572 годахъ появлялись блестящія звѣзды между Кефесомъ и Кассіопеей; не имѣя надлежащихъ свѣдѣній о положеніи двухъ первыхъ звѣздъ, сравнительно съ мѣстомъ третьей звѣзды, которое было точно опредѣлено, и основываясь на довольно-близкомъ совпаденіи промежутковъ ихъ появленій, можно предположить, вмѣстѣ съ Гудрике, что это была одна и та же звѣзда, имѣющая періодъ въ 312, а можетъ-быть и въ 156 лѣтъ. Появленіе звѣзды 1572 года было такъ внезапно, что знаменитый датскій астрономъ Тихо Браге, возвращаясь вечеромъ, 11 ноябрю, изъ обсерваторіи въ свой домъ, былъ удивленъ толпою крестьянъ, глядѣвшихъ на звѣзду, которой за полчаса, онъ былъ въ томъ увѣренъ, не существовало. Эта новая звѣзда была тогда ярче Сиріуса, блескъ ея возрасталъ и превзошелъ наконецъ наибольшій блескъ Юпитера, такъ что звѣзда была видна въ полдень. Въ декабрѣ того же года она начала уменьшаться и совершенно исчезла въ мартѣ 1574 г. Подобнаго рода звѣзда появилась 10-го октября 1604 года въ созвѣздіи Зміеносца, и была видима до октября 1605 года.

883. Подобныя появленія звѣздъ, хотя и не столь-блестящаго вида, случались позднѣе; въ 1670 году Ансельмъ открылъ въ головѣ Лебеда звѣзду третьей величины, которая, слѣлавшись совѣмъ невидимою, показалась потомъ снова, и обнаруживъ въ теченіи двухъ лѣтъ одну или двѣ странныя перемѣны свѣта, померкла наконецъ совершенно и болѣе не являлась.

884. Въ ночь 28 апрѣля 1848 г. Гейндъ усмотрѣлъ звѣзду пятой, или 5,4 величины, весьма замѣтную просто-

му глазу, въ такой части созвѣздія Зміеносца (прям. восхожд. $16^{\text{ч}} 51^{\text{м}} 1^{\text{с}}, 5$; разст. отъ сѣверн. пол. $102^{\circ} 39' 14''$), которая ему была вполне извѣстна, и гдѣ, онъ зналъ навѣрное, до 5 числа не было звѣздъ 9, 10 величины. Нѣтъ преданій, которыя доказывали бы, что звѣзда была наблюдаема въ этомъ мѣстѣ въ прежнія времена. Послѣ открытія она видимо уменьшалась, не измѣняя своего положенія, и почти исчезла прежде чѣмъ наблюденія сдѣлались невозможными отъ переменъ времени года. Цвѣтъ ея былъ красноватый и, какъ замѣтили многіе наблюдатели, значительно мѣнялся, что вѣроятно зависѣло отъ ея низкаго положенія.

885. Южная звѣзда γ Аргуса представляетъ весьма странныя и удивительныя измѣненія. Во времена Галлея, въ 1677 году, она была звѣздою четвертой величины. Лакаль, въ 1751 году, наблюдалъ ее какъ звѣзду второй величины. Съ 1811 по 1815 годъ она опять поступила въ четвертую величину, а съ 1822 по 1826 снова перешла во вторую. Берчелль замѣтилъ, что 1 февраля 1827 года она возрасла до первой величины и равнялась α Креста. Потомъ эта звѣзда снова приняла вторую величину и оставалась въ ней до конца 1837 года. Въ началѣ 1838 года блескъ ея внезапно увеличился и превзошелъ блескъ всѣхъ другихъ звѣздъ, за исключеніемъ Сиріуса, Канопы и α Кентавра, послѣдней изъ которыхъ она почти равнялась. Потомъ, γ Аргуса снова уменьшилась, не выходя однако изъ первой величины до апрѣля 1843 года, когда она опять увеличилась въ блескѣ, превзошла Канопу и почти поравнялась съ Сиріусомъ. Эти явленія открываютъ широкое поле для предположеній. До сихъ поръ всѣ преходящія звѣзды исчезали совершенно. Тщательныя изслѣдованія показали, что переменныя звѣзды обнаруживаютъ періодическія, по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени правильныя переменныя яркости на сравнительно-слабый свѣтъ. Но здѣсь намъ представляется звѣзда, которая своенравно мѣняется въ удивительной степени и занимаетъ своими измѣненіями цѣлыя столѣтія, не подчиняясь по видимому опредѣленному періоду и не соблюдая пра-

вильной постепенности. Чему приписать эти внезапныя вспышки и потерю блеска? Какія заключенія должны мы вывести объ удобствахъ и обитаемости такой системы, которая получаетъ свой свѣтъ и свое тепло отъ столь-ненадежнаго источника? Подобные вопросы едва ли можно назвать праздными, когда мы замѣтимъ, что на основаніи сказаннаго выше мы должны признать сходство природы звѣздъ съ природою нашего Солнца, и когда размыслимъ, что геологія доказываетъ, какъ фактъ совершившійся въ глубочайшей древности, значительныя измѣненія въ климатѣ и температурѣ земнаго шара. Эти измѣненія трудно согласить съ вліяніемъ второстепенныхъ причинъ, но они легко и естественно объясняются медленными перемѣнами въ количествѣ свѣта и тепла, истекающемъ изъ Солнца.

886. Китайскія лѣтописи Ма-туанъ-лина ⁽¹⁾, заключающія въ себѣ *офиціальныя*, хотя и грубыя преданія о замѣчательныхъ астрономическихъ явленіяхъ, предлагаютъ намъ длинный списокъ *невѣдомыхъ звѣздъ*, изъ которыхъ большая часть очевидно кометы, но нѣкоторыя, по всей вѣроятности, должны быть отнесены къ разряду вышеописанныхъ преходящихъ звѣздъ. Такова звѣзда, появившаяся въ 173 году по Р. Х., между α и β Кентавра, которая, какъ гласитъ это преданіе, выказала *пять цвѣтовъ* (безъ сомнѣнія отъ мерцанія вслѣдствіе низкаго положенія), и была видима съ декабря до іюля слѣдующаго года. Другая подобная звѣзда упоминается въ этихъ лѣтописяхъ подъ 1011 годомъ по Р. Х., и, судя по другимъ источникамъ, кажется, тождественна съ звѣздою 1012 года, которая имѣла чрезвычайный блескъ и была видима въ южномъ небѣ въ теченіи трехъ мѣсяцевъ ⁽²⁾: это положеніе согласно съ китайскими преданіями, приписывающими ей низкое мѣсто въ Стрѣльцѣ. Въ

(1) Переведенныя Эдуардомъ Біо въ *Connaissance des Temps* на 1846 г.

(2) Гейнцъ въ *Notices of the Astronomical Society* цитуетъ Пендланна. Онъ ставитъ китайскую звѣзду 173 года между α и β Малаго Пса, но Біо говоритъ опредѣлительно: α и β восточной ноги Кентавра.

числѣ многихъ другихъ менѣе сомнительныхъ звѣздъ упоминается о звѣздѣ въ Скорпіонѣ въ 134 году до Р. Х., которая можетъ-быть и есть звѣзда Гиппарха. Впрочемъ въ лѣтописяхъ не говорится ни объ одной изъ звѣздъ, явившихся въ годахъ по Р. Х. 389, 945, 1264 и 1572. Достоинство замѣчанія, что извѣстныя намъ подобныя звѣзды, которыхъ положеніе было ясно обозначено, всѣ безъ исключенія явились въ Млечномъ Пути или близь его границъ, и притомъ съ восточной его стороны, между тѣмъ какъ на западной сторонѣ примѣры этого рода не встрѣчались.

887. Изъ внимательнаго обозрѣнія неба и сравненія каталоговъ открывается, что недостаетъ многихъ звѣздъ. Большая часть подобныхъ утратъ произошла, безъ сомнѣнія, отъ ошибочнаго внесенія звѣздъ въ росписи и отъ того, что иногда принимали планеты за звѣзды; но нѣкоторые случаи, очевидно, произошли не отъ ошибокъ въ наблюденіяхъ и въ составленіи каталоговъ, и мы достоверно знаемъ, что включенныя въ росписи звѣзды дѣйствительно были наблюдаемы, но потомъ исчезли. Исслѣдованіе, переменныхъ звѣздъ составляетъ еще мало разработанную отрасль астрономіи, и любители науки, особенно морскіе путешественники, могутъ оказать ей чрезвычайно полезныя услуги, посвятивъ ей свои досуги, для чего достаточно имѣть хорошее зрѣніе и простые снаряды. Такія изслѣдованія общаются богатыя открытія, почти недоступныя астрономамъ, трудящимся на постоянныхъ обсерваторіяхъ и занятымъ наблюденіями иного рода. Росписанія сравнительнаго блеска звѣздъ въ каждомъ созвѣздіи были составлены Уильямомъ Гершелемъ для облегченія подобныхъ изысканій; читатель найдетъ ихъ вмѣстѣ съ подробнымъ изложеніемъ самаго метода сравненій въ *Philosoph. Transact.* 1796 и слѣдующихъ годовъ.

888. Обращаемся къ явленію совершенно иного рода, которое доставляетъ намъ истинныя и положительныя свѣдѣнія о природѣ нѣкоторыхъ звѣздъ и даетъ намъ право заключить съ полною увѣренностію, что онѣ подлежатъ тѣмъ же динамическимъ законамъ и повинуются той же силѣ тяготѣнія, которые управляютъ нашею системою. Многія звѣз-

ды въ трубѣ оказываются двойными, т.-е. составленными изъ двухъ, а иногда и болѣе, звѣздъ, весьма близкихъ одна къ другой. Такая близость могла бы быть приписана случаю, еслибы подобныя примѣры встрѣчались рѣдко; но значительное число парныхъ купъ, и чрезмѣрно близкое разстояніе составляющихъ ихъ звѣздъ, имѣющихъ часто почти одинаковую величину, невольно утверждаютъ насъ въ мысли, что между ними существуетъ связь болѣе тѣсная нежели простое сопоставленіе. Такъ напримѣръ блестящая звѣзда Касторъ, при сильномъ увеличеніи, оказывается составленною изъ двухъ звѣздъ почти третьей величины, отстоящихъ другъ отъ друга на 5". Звѣздъ этой величины на небѣ такъ немного, что, при случайномъ распредѣленіи, ихъ встрѣча въ столь-тѣсномъ пространствѣ представляется крайне невѣроятною. Эта невѣроятность чрезвычайно усилится, если мы примемъ въ соображеніе, что такая встрѣча не единственная, и что на небѣ много примѣровъ подобнаго рода. Въ 1767 году Мичелль, приложивъ счисленіе вѣроятностей къ шести главнымъ звѣздамъ купы Плеядъ, нашелъ, что можно держать пари въ 500 000 противъ 1 въ томъ, что сближенія ихъ не есть простой результатъ случайнаго распредѣленія 1500 звѣздъ на небесномъ сводѣ (столько насчитывалъ онъ тогда всѣхъ звѣздъ подобной величины на небесной сферѣ) ⁽¹⁾. Дальнѣйшія умозаключенія, основанныя на этомъ признакѣ физической связи, а не случайнаго сочетанія, побудили Мичелля предположить существованіе сложныхъ звѣздъ, обращающихся другъ около друга, или, правильнѣе, вокругъ своего общаго центра тяжести. Въ послѣдствіи это мнѣніе сдѣлалось достовѣрною истиною, но тогда оно предшествовало всѣмъ наблюденіямъ. Струве, распространивъ эти изысканія, въ приложеніи къ двойнымъ и тройнымъ сочетаніямъ звѣздъ, и принявъ за основаніе своихъ вычисленій болѣе точный счетъ

(1) Это число значительно менѣе истиннаго, и потому результатъ Мичелля слишкомъ преувеличенъ. Но и по исправленіи ошибки числа вполне подтверждаютъ такое заключеніе. *Philosoph. Transact.* т. 57.

всѣхъ звѣздъ до 7-й величины, видимыхъ надъ дерптскимъ горизонтомъ, пришелъ къ слѣдующему заключенію: можно держать пари въ 9570 противъ 1, что, при случайномъ распределеніи звѣздъ, какія-либо двѣ изъ нихъ, отъ 1-й до 7-й величины включительно, въ числѣ всѣхъ возможныхъ двойныхъ сочетаній, не должны упасть другъ отъ друга въ разстояніи менѣе 4". Въ то время, когда производилось это вычисленіе, число извѣстныхъ парныхъ сочетаній доходило до 91, а въ послѣдствіи прибавлены къ списку еще многія другія. Потомъ Струве опредѣлилъ вѣроятность встрѣчи случайно разсѣянныхъ двойныхъ звѣздъ съ третьею звѣздой въ разстояніи 32", такъ чтобы изъ нихъ образовалась тройная звѣзда, и нашелъ, что на 1 благопріятный случай приходится 173 524 неблагопріятныхъ. Но такихъ сочетаній извѣстно теперь на небѣ четыре: θ Оріона, σ Оріона, 11 Единорога и ϵ Рака. Итакъ мы неизбѣжно должны признать въ нихъ существованіе какой-нибудь физической связи.

889. Слѣдующее замѣчаніе еще болѣе утверждаетъ насъ въ этомъ мнѣніи. 3 звѣзды α Кентавра и 61-я Лебеда — обѣ двойныя, и обѣ онѣ составлены изъ двухъ почти равныхъ звѣздъ, удаленныхъ одна отъ другой почти на четверть минуты. Звѣзды 61-й Лебеда болѣе 7-й величины, и поэтому случайная близость ихъ невѣроятна въ отношеніи 9570 къ 1. И каждая составная звѣзда α Кентавра по крайней мѣрѣ 2-й величины, а такихъ звѣздъ на всемъ небѣ насчитывается не болѣе 50 или 60. Минувъ эти соображенія, вспомнимъ еще, что обѣ эти звѣзды имѣютъ весьма значительное собственное движеніе; слѣдовательно, еслибы между ихъ составными членами не было внутренней связи, то одинъ изъ нихъ скоро бы отсталъ отъ другаго. Но съ самой ранней поры дошедшихъ до насъ наблюденій эти звѣзды нѣкогда не казались двойными, и признать ихъ таковыми можно было не иначе, какъ при помощи трубы, увеличивающей по крайней мѣрѣ въ 8 или 10 разъ. Съ такою трубой Лакаль, въ 1751 г., едва могъ отличить раздѣленіе α Кентавра на двѣ составныя звѣзды; но еслибы собственное дви-

женіе было свойственно только одной звѣздѣ, то онѣ должны бы были отстоять тогда другъ отъ друга на 6'. Въ подобныхъ случаяхъ одинъ этотъ фактъ уже достаточно доказываетъ существованіе нѣкоторой физической связи между обѣими звѣздами.

890. Уильямъ Гершель насчиталъ болѣе 500 двойныхъ звѣздъ, которыхъ члены отстоятъ другъ отъ друга менѣе чѣмъ на 32". Струве, продолжая поиски при помощи снарядовъ, съ удобнѣйшею для этой цѣли установкою и доведенныхъ до удивительнаго оптическаго совершенства, увеличилъ число ихъ слишкомъ въ пять разъ. Другіе наблюдатели еще болѣе расширили каталогъ двойныхъ звѣздъ, не исчерпавъ обилія неба. Между двойными звѣздами найдено много такихъ, которыхъ разстояніе не превышаетъ одной секунды. Струве, котораго имя представляетъ главный современный авторитетъ въ этой отрасли астрономіи, раздѣлилъ двойныя звѣзды на классы, сообразно разстоянію составныхъ членовъ. Къ первому классу причислены звѣзды, которыхъ разстояніе не превышаетъ 1"; ко второму, звѣзды, отстоящія другъ отъ друга болѣе чѣмъ на 1", и менѣе чѣмъ на 2"; къ третьему классу отнесены звѣзды съ взаимными разстояніями отъ 2" до 4"; къ четвертому, съ разстояніемъ отъ 4" до 8"; къ пятому, съ разстояніемъ отъ 8" до 12"; къ шестому, съ разстояніемъ отъ 12" до 16"; къ седьмому, съ разстояніемъ отъ 16" до 24", и къ восьмому, съ разстояніемъ отъ 24" до 32". Каждый классъ подраздѣляется на два отдѣла; и къ первому изъ нихъ, подъ названіемъ *сѣптыхъ* двойныхъ звѣздъ (*duplices lucidae*), причислены звѣзды, которыхъ оба члена болѣе $8\frac{1}{4}$ величины, и слѣдовательно каждый изъ нихъ довольно блестящъ для того, чтобы его легко можно было видѣть отдѣльно во всякой порядочной трубѣ. Всѣ прочія звѣзды, которыхъ одинъ или оба члена ниже этой степени удобовидимости, отнесены ко второму порядку, подъ названіемъ *остальныхъ* (*duplices reliquae*). Подобное раздѣленіе имѣетъ ту выгоду, что, при нѣкоторой опытности въ употребленіи трубы для изслѣдованія предметовъ этого рода, можно легко предугадывать, какой силы будетъ вѣро-

ятно достаточно для разложенія звѣзды даннаго класса и порядка. Для лучшаго успѣха въ этомъ отношеніи, слѣдовало бы составить еще третій порядокъ изъ трудно-отличаемыхъ двойныхъ звѣздъ, у которыхъ спутникъ такъ малъ, что его можно видѣть только въ сильныя трубы. Мы сей-часъ назовемъ тому примѣры.

891. Слѣдующія звѣзды могутъ служить образцами каждаго класса: онѣ всѣ выбраны изъ числа самыхъ свѣтлыхъ и явственныхъ. Читатели, имѣющіе трубы и желающіе испытать ихъ достоинство на такихъ предметахъ, найдутъ въ этихъ звѣздахъ вѣрную пробу ихъ оптической силы.

I классъ, отъ 0" до 1".

γ Сѣв. Вѣнца.	η Вѣнца.	7 Змѣноса.	Атласъ Пса.
γ Кентавра.	η Геркулеса.	φ Дракона.	4 Водолея.
γ Волка.	λ Кассіопеи	φ Бол. Медвѣдницы.	5 Водолея.
ε Овна.	λ Змѣноса.	χ Орла.	42 Волосъ Вереники.
ξ Геркулеса.	π Волка.	ω Льва.	52 Овна.
γ 2 Андромеды.	λ Лебеда.	φ Андромеды.	66 Рыбъ.

II классъ, отъ 1" до 2".

γ Октанта.	ξ Пастуха.	ξ Бол. Медвѣдницы.	2 Камелопарда.
δ Лебеда.	ε Кассіопеи.	π Орла.	32 Ориона.
ε Хамелеона.	ε 2 Рака.	σ Сѣв. Вѣнца.	52 Ориона.

III классъ, отъ 2" до 4".

α Рыбъ.	γ Дѣвы.	ξ Водолея.	μ Дракона.
β Гидры.	δ Зѣвы.	ξ Ориона.	μ Пса.
γ Кита.	ε Пастуха.	ε Льва.	φ Геркулеса.
γ Льва.	ε Дракона.	ε Тригольника.	σ Кассіопеи.
γ Южн. Вѣнца.	ε Гидры.	χ Зайца.	44 Пастуха.

IV классъ, отъ 4" до 8".

α Креста.	θ Феникса.	ξ Кефея.	μ Эридана.
α Геркулеса.	χ Кефея.	π Пастуха.	70 Змѣноса.
α Близнецовъ.	λ Ориона.	ρ Козерога.	12 Эридана.
δ Близнецовъ.	μ Лебеда.	υ Аргоса.	32 Эридана.
ξ Сѣв. Вѣнца.	ξ Пастуха.	ω Возничаго.	95 Геркулеса.

V классъ, отъ 8" до 12"

β Ориона.	ξ Воздушнаго Насоса.	ε Ориона.
γ Овна.	η Кассіопеи.	ζ Эридана.
γ Дельфина.	θ Эридана.	2 Гончихъ Собакъ.

VI классъ, отъ 12" до 16"

α Кентавра	γ Летучей Рыбы.	κ Пастуха.
β Кефея.	η Волка.	8 Единорога.
β Скорпіона.	ξ Большой Медвѣдицы.	61 Лебедя.

VII классъ, отъ 16" до 24"

α Гончихъ Собакъ.	θ Змѣи	24 Волосъ Вереники.
ε Наугольника.	κ Южнаго Вѣнца.	41 Дракона.
ξ Рыбъ.	κ Тельца.	61 Змѣеносца.

VIII классъ, отъ 24" до 32"

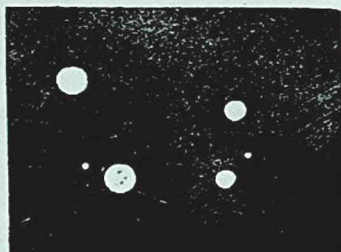
δ Геркулеса.	κ Геркулеса.	κ Лебедя.
η Лирь.	κ Кефея.	23 Ориона.

892. Въ примѣръ замѣчательныхъ тройныхъ, четверныхъ и болѣе сложныхъ звѣздъ (встрѣчаются и такія) можно привести:

γ Андромеды.	θ Ориона.	ξ Скорпіона.
ε Лирь.	μ Волка.	11 Единорога.
ξ Рака.	μ Пастуха.	12 Рыси.

γ Андромеды, μ Пастуха и μ Волка даже въ значительно-сильныя трубы кажутся обыкновенными двойными звѣздами; малые спутники ихъ разлагаются и оказываются чрезвычайно-близкими двойными звѣздами лишь при помощи самыхъ превосходныхъ оптическихъ снарядовъ. Въ ε Лирь мы видимъ замѣчательное сочетаніе двухъ двойныхъ звѣздъ. Въ слабыя трубы она представляется явственною двойною звѣздой, но при большемъ увеличеніи каждый членъ распадается на двѣ близкія звѣзды; въ одной парѣ онѣ отстоятъ другъ отъ друга почти на $2\frac{1}{2}''$, а въ другой почти на $3''$. Звѣзды ξ Рака, ξ Скорпіона, 11-я Единорога и 12-я Рыси, составлены каждая изъ главной звѣзды, двойной съ очень-тѣснымъ промежуткомъ, и маленькаго, болѣе отдаленнаго спутника, между

тѣмъ какъ θ Ориона есть соединеніе четырехъ главныхъ блестящихъ звѣздъ, соотвѣтственно 4-й, 6-й, 7-й и 8-й величины, образующихъ собою трапецію, которой длинная діагональ равняется $21'',4$, и сопровождаемыхъ двумя чрезмѣрно малыми и близкими спутниками, какъ показано на чертежѣ. Если труба показываетъ обоихъ спутниковъ, то это служитъ однимъ изъ самыхъ несомнѣнныхъ ручательствъ за ея достоинство.



893. Примѣромъ такихъ двойныхъ звѣздъ, которыя составлены изъ главной крупной и свѣтлой звѣзды и чрезвычайно малаго спутника, могутъ служить слѣдующіе образцы:

α 2 Рака.	Полярная.	ϵ Бол. Медвѣдцы.	7 Пастуха.
α 2 Козерога.	α Скорпіона.	K Октанта.	γ Дѣвы.
α Индійца.	β Водолея.	K Близнецовъ.	χ Эридана.
α Лирь.	γ Гидры.	μ Персея.	16 Возничаго.

894. Двойныя звѣзды составляютъ занимательный и любопытный предметъ для любителей астрономіи по замѣчательному контрасту являемыхъ ими цвѣтовъ, о чемъ будетъ сказано ниже, и какъ удобное средство для испытанія качества трубы. Но особенно важно ихъ значеніе въ физическомъ отношеніи; оно доставило имъ видное мѣсто въ новѣйшей астрономіи, обратило на нихъ вниманіе, и побудило наблюдателей къ неутомимымъ трудамъ надъ измѣреніями ихъ угловъ положенія и разстояній и надъ непрерывнымъ расширеніемъ ихъ каталога открытіями новыхъ звѣздъ этого рода. Мы видѣли, что Уильямъ Гершель, составляя между 1779 и 1784 годами первый пространный каталогъ двойныхъ звѣздъ, при помощи такихъ сильныхъ оптическихъ снарядовъ, какіе не употреблялись прежде для этой цѣли, надѣялся, что можно будетъ опредѣлять годовой параллаксъ изъ наблюденій надъ періодическими измѣненіями въ относительномъ положеніи-сопутствующей малой звѣзды, которыя должны были обнаружиться вслѣдствіе вліянія этого параллакса. При изслѣдованіи предмета, самая цѣль изысканій была покуда

оставлена въ сторонѣ, до накопленія болѣе обильнаго матеріала, изъ котораго можно бы было выбрать звѣзды, представляющія благопріятныя условія для систематическихъ наблюдений. Впрочемъ надъ каждою звѣздой были сдѣланы измѣренія, послужившія основаніемъ для послѣдующихъ сравненій; а когда Гершель снова приступилъ къ этому предмету, тогда неожиданное явленіе вполне овладѣло его вниманіемъ и совершенно отвлекло его отъ первоначальной цѣли изслѣдованій. Въмѣсто ожидаемыхъ имъ годовыхъ колебаній одного члена двойной звѣзды относительно другаго, вмѣсто поочереднаго приращенія и уменьшенія въ ихъ разстояніи и углѣ положенія, отъ вліянія параллакса, вслѣдствіе годоваго движенія земли, Гершель открылъ во многихъ случаяхъ такіа правильныя и прогрессивныя перемѣны, иногда преимущественно въ разстояніи звѣздъ, а иногда въ ихъ углѣ положенія, которыя ясно означали или дѣйствительное движеніе самыхъ звѣздъ, или общее прямолинейное движеніе Солнца со всею солнечною системою, производящее тотъ параллаксъ вышшаго порядка нежели параллаксъ, обуславливаемый движеніемъ Земли по орбитѣ, который можно назвать системнымъ параллаксомъ.

895. Предположивъ, что обѣ звѣзды и Солнце движутся независимо другъ отъ друга, ихъ движеніе въ теченіи многихъ лѣтъ слѣдуетъ, очевидно, считать прямолинейнымъ и равномернымъ. Достаточно слабыхъ познаній въ геометріи, дабы убѣдиться въ томъ, что видимое движеніе одного изъ членовъ двойной звѣзды относительно другаго, принимаемаго за центръ, должно быть прямолинейное. Таково по крайней мѣрѣ должно быть это движеніе въ томъ случаѣ, когда обѣ звѣзды независимы другъ отъ друга; но обстоятельства измѣняются, если между звѣздами есть физическая связь, возникающая, напримѣръ, вслѣдствіе дѣйствительно близкаго разстоянія и взаимнаго тяготѣнія. Въ послѣднемъ случаѣ звѣзды должны описывать орбиты, одна вокругъ другой, и обѣ вокругъ ихъ общаго центра тяжести; и потому видимый путь каждой изъ нихъ относительно другой не можетъ

быть прямою линіей, но долженъ сгибаться въ кривую, обращенную своей вогнутостію къ другой звѣздѣ. Замѣченныя движенія были такъ медленны, что для рѣшенія вопроса потребовались многолѣтнія наблюденія; и только въ 1803 году, двадцать пять лѣтъ спустя послѣ того времени когда начались изслѣдованія, представилась возможность вывести нѣсколько положительное заключеніе о томъ, имѣютъ ли найденныя измѣненія въ положеніи характеръ движенія прямолинейнаго, или движенія по орбитѣ.

896. Въ этомъ и въ слѣдующемъ году Гершель, въ двухъ запискахъ, помѣщенныхъ въ *Трансакціяхъ Королевскаго Общества* ⁽¹⁾, опредѣлительно возвѣстилъ существованіе звѣздныхъ системъ, составленныхъ изъ двухъ звѣздъ, обращающихся другъ около друга по правильнымъ орбитамъ. Такія звѣзды можно назвать *парными*, въ отличіе отъ двойныхъ звѣздъ вообще, въ числѣ которыхъ физически соединенныя между собою звѣзды могутъ быть смѣшаны съ *оптически-двойными* звѣздами, случайно сопоставленными на небѣ, въ различныхъ отъ глаза разстояніяхъ; между тѣмъ какъ члены парной системы, по необходимости, равно удалены отъ глаза, по крайней мѣрѣ ихъ разстоянія могутъ различаться не болѣе чѣмъ на полудіаметръ орбиты, описываемой ими другъ около друга, что совершенно ничтожно въ сравненіи съ необъятнымъ разстояніемъ между ними и Землею. Въ помянутыхъ запискахъ приведено отъ пятидесяти до шестидесяти случаевъ болѣе или менѣе значительныхъ измѣненій угловъ положенія; многія изъ нихъ такъ очевидны, и такъ правильно прогрессивны, что всякое сомнѣніе въ свойствѣ этихъ измѣненій было неумѣстно. Между болѣе-свѣтлыми звѣздами, Касторъ, γ Дѣвы, ξ Медвѣдицы, 70-я Зміеносца, σ и η Вѣнца, ξ Пастуха, η Кассіопеи, γ Льва, ζ Геркулеса, δ Лебеда, μ Пастуха, ϵ 4 и ϵ 5 Лиръ, λ Зміеносца, μ Дракона и ζ Водолея были приведены какъ особенно замѣчательные примѣры обнаруженнаго наблюденіями

(1) Открытіе было объявлено собственно въ 1802 году, но безъ наблюденій, служащихъ ему доказательствомъ.

движенія; для нѣкоторыхъ изъ этихъ звѣздъ были даже означены періоды обращенія, разумѣется лишь приближенно, и скорѣе какъ предположеніе, нежели какъ результатъ вычисленія, для котораго данныя были въ то время еще слишкомъ неполны. Такъ напримѣръ обращеніе Кастора показано въ 334 года, γ Дѣвы въ 708, а γ Льва въ 1200 лѣтъ.

897. Послѣдующими наблюденіями вполне подтвердились эти результаты. Всѣ вышеназванныя звѣзды несомнѣнно должно признать парными, и списокъ ихъ заключаетъ въ себѣ почти всѣ доселѣ извѣстныя блестящія звѣзды, видимыя подѣ нашими широтами, хотя съ умноженіемъ наблюденій, когда двойныя звѣзды сдѣлались предметомъ особеннаго вниманія, къ нему и были сдѣланы въ послѣдствіи значительныя прибавленія. Болѣе ста двойныхъ звѣздъ съ несомнѣнными признаками обращенія насчитано Медлеромъ въ 1841 ⁽¹⁾ году, и въ каждомъ новомъ собраніи наблюденій встрѣчаются новыя подобныя звѣзды. Для полезныхъ наблюденій надъ ними необходимы превосходныя трубы, потому что разстояніе парныхъ звѣздъ по большей части такъ мало, что его можно отличить лишь при помощи столь большаго увеличиванія, которое считалось бы очень сильнымъ и для микроскопа, употребляемаго при разсмотрѣніи предметовъ, находящихся у насъ подѣ рукою.

898. Подобныя явленія, очевидно, должны были породить желаніе подчинить ихъ теоріи динамики. Съ первой поры ихъ открытія они были приписаны вліянію сходной съ тяготѣніемъ силы, связывающей звѣзды, которыхъ обращеніе другъ около друга было доказано. Распространить Ньютоновъ законъ тяготѣнія на эти отдаленныя системы было такъ естественно, и такъ оправдывалось нашимъ основаннымъ на опытѣ убѣжденіемъ въ совершенно-удовлетворительной пригодности этого закона для солнечной системы, что каждый астрономъ, обращавшій сколько-нибудь вниманія на предметъ, внутренно допускалъ такое предположеніе. Но первымъ методомъ вычи-

(1) *Дерптскія наблюденія*, Т. IX, 1840 и 1841 гг.

сленія, помощію котораго изъ угловъ положенія и разстояній, опредѣленныхъ наблюденіями, сдѣланными въ различныя эпохи, выводятся эллиптическіе элементы орбиты парной звѣзды, мы обязаны Саварп (¹). Онъ показалъ, что движенія ξ Большой Медвѣдцы, въ предѣлахъ, допускаемыхъ погрѣшностями наблюденій, вполне объясняются предположеніемъ эллиптической орбиты, описываемой въ $58\frac{1}{4}$ лѣтъ. Другимъ способомъ вычисленія профессоръ Энке (²) нашелъ, что 70-я Змѣеносца обращается по эллиптической орбитѣ въ семьдесятъ четыре года. Въ изслѣдованіяхъ этого рода особенно замѣчательны труды Медлера (см. таблицу). Многія орбиты были вычислены Гейндомъ, адмираломъ Смитомъ, Якобомъ, Поуеллемъ, Вилларсо, Виппекке и Кликерфусомъ; авторъ этой книги также принималъ участіе въ этихъ попыткахъ изысканійхъ. Слѣдующая таблица представляетъ главные результаты, полученные доселѣ въ этой отрасли астрономіи (³).

(¹) *Connaissance des Temps*, 1830 г.

(²) *Berliner Jahrbuch*, 1832 г.

(³) Положеніе узла въ четвертомъ столбцѣ выражаетъ уголъ положенія (см. § 207) линіи пересѣченія плоскости орбиты съ плоскостію неба, на которую она пролагается. Наклоненіе въ шестомъ столбцѣ означаетъ взаимное наклоненіе этихъ двухъ плоскостей. Въ пятомъ столбцѣ показанъ подлинный уголъ, содержащийся въ плоскости орбиты между линіею узловъ (какъ она опредѣлена выше) и линіею апсидовъ. Элементы α Льва, ξ Пастуха и Кастора слѣдуетъ считать весьма сомнительными. Предполагаютъ, что движенія 70-й Змѣеносца находятся подъ вліяніемъ особой причины возмущеній. Якобъ, сравнивая старыя, и безъ сомнѣнія весьма грубыя наблюденія Ришо и Фелье въ 1690 и 1709 годахъ, пришелъ къ подобному же заключенію относительно системы α Кентавра. Сравненіе новѣйшихъ наблюденій, которыя одни заслуживаютъ довѣрія, впрочемъ показываетъ, что едва ли можно полагаться съ такою увѣренностію на это мнѣніе. Нѣсколько лишнихъ лѣтъ наблюденій должны рѣшить вопросъ. Эта великолѣпная система заслуживаетъ тщательнаго и бдительнаго вниманія астрономовъ.

Название звезды.	Визуаль- ный по- луч.	Экспози- ция	Положе- ние узла.	Положение не- прямой, свя- занное от узла по орбите.	Накло- нение.	Периодъ въ годах.	Протоже- ние чрезъ периселл.	Имя вычислителя.
1 ξ Геркулеса <i>a</i>	1" 202	0" 43200	190 28'	276 39'	44° 5'	30,216	1830,417	Меллеръ.
1 Она же <i>b</i>	1,254	0,44821	34 21	104 55	43 43	36,257	1830,48	Вилларсо.
2 γ Стрельца. Визца <i>a</i>	0,902	0,28900	20 6	215 11	59 28	42,500	1807,21	Меллеръ.
2 Она же <i>b</i>	0,9567	0,28652	22 18	215 29	60 40	43,677	1850,336	Виннике.
3 ξ Рака <i>a</i>	1,292	0,23486	1 28	266 0	63 17	58,910	1853,37	Меллеръ.
3 Она же <i>b</i>	1,030	—	18 23	—	48 36	58,94	1815,53	Виннике.
4 ξ Близнецов. Меркурия, <i>a</i>	3,857	0,41640	95 22	131 38	50 40	58,262	1817,25	Саварь.
4 Она же <i>b</i>	3,278	0,37770	97 47	134 22	56 6	60,720	1816,73	Григгль сынъ.
4 Она же <i>c</i>	2,417	0,41350	98 52	130 48	54 56	61,464	1816,44	Меллеръ.
4 Она же <i>d</i>	2,439	0,49148	95 50	128 57	52 49	61,576	1816,86	Вилларсо.
5 ω Лыра <i>a</i>	0,857	0,64338	135 11	185 27	46 33	82,533	1849,76	Вилларсо.
5 Она же <i>b</i>	—	0,96047	111 51	—	57 14	133,35	1876,44	Кликоревъ.
6 ρ Звѣздосл. <i>a</i>	4,328	0,43007	147 12	125 22	46 25	73,862	1806,88	Энне.
6 Она же <i>b</i>	4,392	0,46670	137 2	145 46	48 5	80,340	1807,06	Григгль сынъ.
6 Она же <i>c</i>	4,192	0,44380	126 55	142 53	64 51	92,870	1812,73	Меллеръ.
6 Она же <i>d</i>	—	0,546	296 30	7 29	49 56	98,146	1806,92	Поуэлль.
7 ξ Пастуха.	12,560	0,59374	359 59	100 59	80 5	117,140	1779,88	Григгль сынъ.
8 δ Лебедя.	1,811	0,60667	24 54	243 24	46 23	178,700	1862,87	Гейдъ.
9 γ Дельта.	3,580	0,87952	5 33	313 45	23 36	189,120	1836,43	Григгль сынъ.
10 Кагора <i>a</i>	8,086	0,75820	58 6	97 29	70 3	252,660	1855,83	Григгль сынъ.
10 Она же <i>b</i>	7,008	0,79725	23 5	87 37	70 58	232,124	1913,90	Меллеръ.
10 Она же <i>c</i>	6,300	0,24050	11 24	356 22	43 14	632,270	1899,26	Гейдъ.
11 δ Стрельца. Визца <i>a</i>	3,918	0,69978	25 7	64 38	29 29	608,450	1826,60	Меллеръ.
11 Она же <i>b</i>	5,194	0,72560	21 3	69 24	25 39	736,880	1826,48	Гейдъ.
11 Она же <i>c</i>	2,94	0,38870	3 8	96 53	45 6	240,00	1829,70	Поуэлль.
11 Она же <i>d</i>	2,717	0,30880	1 57	101 57	46 47	195,12	1831,17	Якобъ.
12 ρ Кентавра <i>a</i>	15,500	0,95000	86 7	291 22	47 56	77,000	1831,50	Якобъ.
12 Она же.	13,570	0,77520	17 22	26 2	62 53	81,40	1829,63	Гейдъ.
12 Она же.	30,000	0,96600	177 50	—	77 50	75,30	1858,00	Поуэлль.

899. Между всѣми звѣздами этого списка особенное вниманіе обратила на себя у Дѣвы, которая обнаружила чрезвычайно любопытныя явленія. Это звѣзда обыкновенной третьей величины ($3,08 = \text{фотом. } 3,494$), составленная изъ двухъ почти равныхъ членовъ, повидимому переменныхъ, ибо, по наблюденіямъ Струве, одна изъ нихъ бываетъ попеременно немного болѣе и немного менѣе другой, а иногда обѣ кажутся совершенно равными. Она была извѣстна какъ двойная звѣзда съ начала восемнадцатаго столѣтія; разстояніе между ея членами составляло тогда отъ шести до семи секундъ, такъ что во всякую порядочную трубу ее можно было видѣть двойною. Въ 1780 г. разстояніе между членами, по наблюденію Гершеля, равнялось $5'',66$, и съ тѣхъ поръ до 1836 г. оно правильно и постепенно уменьшалось, такъ что въ это время, при самомъ сильномъ увеличиваніи, звѣзда казалась въ лучшія трубы совершенно круглою и простою; одинъ лишь пулковскій большой рефракторъ, при увеличиваніи въ 1000 разъ, показывалъ ея дискъ продолговатымъ и позволялъ потому догадываться о ея двойственной природѣ. Сравнивъ ширину звѣзды съ ея длиною и измѣривъ послѣднюю, Струве нашелъ, что въ эту эпоху (1836, 41) можно было принять разстояніе центровъ обѣихъ звѣздъ равнымъ $0'',22$. Съ этого времени ихъ разстояніе начало возрастать, и теперь у Дѣвы опять принадлежитъ къ числу весьма легко раздѣляемыхъ двойныхъ звѣздъ. Это замѣчательное уменьшеніе и слѣдовавшее за нимъ увеличиваніе разстоянія сопровождалось соответствующимъ и равно замѣчательнымъ увеличиваніемъ и уменьшеніемъ относительнаго углового движенія. Въ 1783 году видимое угловое движеніе едва доходило до полуградуса въ годъ, между тѣмъ какъ въ 1830 году оно возрасло до 5° , въ 1834 до 20° , въ 1835 до 40° , а въ срединѣ 1836 было болѣе 70° въ годъ, или около градуса въ пять дней. Это вполне сообразно съ началами динамики, которыя устанавливаютъ необходимую связь между угловою скоростію и разстояніемъ, какъ въ видимой, такъ и въ истинной орбитѣ тѣла, обращающагося около другаго тѣла,

подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія; первая пзмѣняется обратно пропорціонально квадрату послѣдняго, въ обѣихъ орбитахъ, какова бы ни была описываемая кривая и каковъ бы ни былъ законъ притягательной силы. По счастливому случаю, Брэдлей въ 1718 году замѣтилъ и записалъ въ журналъ своихъ наблюденій видимое направленіе линіи, соединявшей обѣ звѣзды, какъ она представилась ему на меридіанѣ въ полуденной трубѣ, а именно, параллельнымъ линіи, соединяющей свѣтлыя звѣзды α и δ того же созвѣздія, для простаго глаза. Эти замѣтки, вызванныя изъ забвенія профессоромъ Ригго, принесли большую пользу для повѣрки элементовъ выше-назначенной орбиты, которая представляетъ съ точностію, *ни мало не уступающею точности самыхъ наблюденій*, весь рядъ наблюденій какъ надъ углами, такъ и надъ разстояніями, съ той поры до конца 1846 года, обнимая собою угловое движеніе почти въ девять десятыхъ полнаго обращенія. Слѣдовательно не подлежитъ никакому сомнѣнію, что въ этой отдаленной системѣ господствуетъ Ньютоновъ законъ тяготѣнія.

900. Медлеровы элементы ξ Большой Медвѣдицы (4с въ нашей таблицѣ) также представляютъ наблюденія не менѣе удовлетворительно, и вполне оправдываютъ предположеніе, что Ньютоновъ законъ управляетъ движеніями этой парной системы. Если въ одномъ случаѣ (въ p Зміеносца) отклоненія отъ эллиптическаго движенія дѣйствительно такъ значительны, что, по мнѣнію Медлера, они не могутъ зависѣть отъ погрѣшностей наблюденій (съ чѣмъ мы однако согласиться ⁽¹⁾ не можемъ), то причину этихъ отклоненій, кажется, намъ слѣдуетъ скорѣе

(1) p Зміеносца принадлежитъ къ разряду весьма неравночленныхъ двойныхъ звѣздъ, ибо одна изъ составляющихъ ее звѣздъ 4-й, а другая 7-й величины. Точное измѣреніе угла положенія подобныхъ звѣздъ затруднительно; даже въ настоящее время, при усовершенствованіи способа измѣренія, затрудненія еще не совсѣмъ устранены, хотя и далеко не причиняютъ такихъ погрѣшностей, какія случались въ началѣ подобныхъ изслѣдованій. Приводя одну тонкую нить въ направленіе, параллельное съ линією, соединяющею ось звѣздъ, можно легко ошибиться на 3° или 4° . Большая часть этой ошибки исчезаетъ, если звѣзды помѣщаются между двумя толстыми параллельными линіями.

искать въ возмущеніяхъ, происходящихъ, по указанію Бесселя, отъ того, что большая центральная звѣзда есть еще не признанная двойная звѣзда, составленная изъ двухъ весьма близкихъ между собою звѣздъ, а не заключать, что Ньютоновъ законъ тяготѣнія не имѣетъ характера всеобщности.

901. Нѣкоторыя двойныя звѣзды замѣчательны по продолжительности, другія не менѣе любопытны по кратковременности своихъ періодовъ. ζ Геркулеса, со времени открытія ея двойственности, уже совершила два полныхъ обращенія, и показала намъ въ своемъ пути удивительное явленіе звѣзднаго покрытія: маленькая звѣзда два раза исчезла позади, или впереди большой звѣзды. Въ виду наблюдателей, γ Вѣнца, ζ Рака, ξ Большой Медвѣдцы и α Кентавра окончили каждая болѣе полного обращенія, а 70-я Зміеносца и γ Дѣвы прошли угловымъ движеніемъ значительно-большую часть своихъ орбитъ. Такіе факты должны совершенно разсѣять всякое сомнѣніе въ дѣйствительности движенія парныхъ звѣздъ по орбитамъ, и уничтожить всякую мысль о томъ, что это движеніе можно объяснить параллактическими перемѣщеніями, или чѣмъ-либо инымъ, кромѣ вліянія средостремительной силы. Мы убѣждаемся въ ихъ обращеніи другъ около друга тѣми же доводами, которые удостовѣряютъ насъ въ обращеніи Урана и Нептуна около Солнца, и мы должны допустить, что согласіе между вычисленными и наблюдаемыми положеніями въ столь - вытянутыхъ эллипсисахъ служить доказательствомъ господства Ньютонова закона тяготѣнія въ ихъ системахъ, и что оно однородно и равносильно съ доказательствомъ обращенія кометъ около нашего центрального тѣла, основаннымъ на согласіи ихъ положеній по вычисленію и по наблюденіямъ.

902. Намъ представляется здѣсь не обращеніе тѣлъ, подобныхъ планетамъ и кометамъ, вокругъ центрального солнца, но обращеніе одного солнца около другаго. Каждое изъ нихъ, по крайней мѣрѣ въ такихъ системахъ, которыхъ члены раздѣлены очень обширнымъ разстояніемъ и имѣютъ весьма продолжительные періоды, сопровождается можетъ-быть вереницей планетъ и спутниковъ, совершенно затмѣваемыхъ для

нашего зрѣнія блескомъ своего солнца, и сжатыхъ въ такомъ пространствѣ, котораго отношеніе къ огромному промежутку между этими солнцами едва ли превышаетъ отношеніе разстояній спутниковъ нашихъ планетъ отъ своихъ центральныхъ тѣлъ къ разстоянію послѣднихъ отъ Солнца. Менѣе опредѣлительный характеръ подчиненности былъ бы несомѣстенъ съ устойчивостію системы и съ свойствами планетныхъ орбитъ. Еслибы планеты этихъ системъ не находились подъ крѣпкимъ охраненіемъ своего ближайшаго солнца, то другое солнце, проходя въ своемъ обращеніи чрезъ перигелій перваго, могло бы увлечь ихъ за собою, или совратить ихъ на орбиты, совершенно несоотвѣтствующія условіямъ удобообитаемости. Какое обширное, новое и заманчивое поле для соображеній!

903. Открытіе параллакса α Кентавра и 61-й Лебеда, которыя обѣ принадлежатъ къ разряду явственныхъ двойныхъ звѣздъ 6-го класса (особенно первая, составленная изъ двухъ блестящихъ членовъ), позволяетъ намъ приближенно судить о величинѣ ихъ орбитъ и даетъ намъ вѣроподобное общее понятіе о томъ, въ какихъ размѣрахъ устроены эти дивныя системы. Разстояніе обѣихъ звѣздъ 61-й Лебеда, наблюдаемое съ Земли, представляется подъ угломъ средней величиною въ $15'',5$, который, со времени первыхъ измѣреній въ 1781 г., не измѣнялся болѣе чѣмъ на половину секунды, между тѣмъ какъ уголъ положенія перемѣнился съ того времени почти на 50° . Это обстоятельство, кажется, означаетъ, что истинная форма орбиты мало разнится отъ круга и перпендикулярна къ лучу зрѣнія, и что періодъ обращенія вѣроятно не менѣе 500 лѣтъ. А какъ параллаксъ этой звѣзды, или уголъ, подъ которымъ казался бы намъ на томъ же разстояніи радіусъ земной орбиты, найденъ равнымъ $0'',348$, то среднее разстояніе между звѣздами относится къ этому радіусу какъ $15'',5 : 0'',348$, или какъ $44,54 : 1$. Итакъ орбита, описываемая этими звѣздами другъ около друга, несомнѣнно гораздо обширнѣе орбиты, описываемой Нептуномъ вокругъ Солнца. Допустивъ, что періодъ обращенія продолжается пять столѣтій (въ настоящее время разстояніе увеличивается, и потому этотъ пері-

одъ едва ли менѣе), мы можемъ вычислить, на основаніи общихъ предложеній Ньютона ⁽¹⁾ и третьяго закона Кеплера, сумму массъ этихъ двухъ звѣздъ, и находимъ, что она равна 0,353, считая массу Солнца за единицу. Поэтому наше Солнце не можетъ быть ни гораздо болѣе, ни гораздо менѣе звѣздъ, составляющихъ 61-ю Лебеда.

904. Для α Кентавра данныя менѣе опредѣлительны. Съ 1822 года разстояніе между ея членами постоянно и довольно быстро уменьшалось, почти на полсекунды въ годъ, между тѣмъ какъ уголъ положенія, до послѣдняго времени, измѣнялся мало ⁽²⁾: отсюда слѣдуетъ, что плоскость орбиты проходить почти черезъ Землю, и такъ какъ въ половинѣ 1834 года разстояніе равнялось $17\frac{1}{2}''$, то весьма вѣроятно, что около 1859 г. звѣзды эти или покроютъ одна другую или придутъ въ близкое прикосновеніе, какъ то было наблюдаемо въ ζ Геркулеса. Собранныя доселѣ наблюденія недостаточны для опредѣленія удовлетворительныхъ эллиптическихъ элементовъ, и потому мы принуждены довольствоваться тѣмъ выводомъ, который несомнѣнно ими оправдывается, а именно, что большая ось должна быть не менѣе $12''$, и по всей вѣроятности значительно болѣе. При параллаксѣ въ $0'',913$ этому соответствуетъ истинная величина полуоси по крайней мѣрѣ въ 13,15 радіуса земной орбиты. Поэтому подлинныя размѣры эллипсиса должны быть болѣе орбиты Сатурна, и по всей вѣроятности превосходятъ орбиту Урана, а можетъ-быть и еще обширнѣе.

905. Сравненіе этихъ двухъ парныхъ звѣздъ приводитъ къ замѣчательнымъ соображеніямъ. Ихъ видимыя собственныя движенія представляются необыкновенно большими конечно потому, что разстояніе этихъ звѣздъ отъ нашей системы относительно близко, и вѣроятно по этой же причинѣ, а не вслѣдствіе необычайныхъ размѣровъ, ихъ орбиты занимаютъ очень значительный для парныхъ звѣздъ уголъ. Притомъ каждая

(1) *Principia*, книга 1-я, предл. 57, 58, 59.

(2) Въ промежуткѣ 70 лѣтъ, отъ Лакаля до 1822 г., не было сдѣлано наблюденій надъ угломъ положенія.

изъ нихъ составлена изъ звѣздъ весьма неравнаго блеска яркаго желтаго цвѣта, приближающагося къ оранжевому, и въ каждой парѣ меньшая звѣзда имѣетъ болѣе темный оттѣнокъ. Поэтому, сколь бы ни велико было разнообразіе между звѣздными предметами, во всякомъ случаѣ эти двѣ парныя звѣзды должны, кажется, принадлежать къ одному семейству, или роду (¹).

906. Многія двойныя звѣзды представляютъ намъ любопытное и прекрасное явленіе дополнительныхъ цвѣтовъ (²). Въ такихъ случаяхъ бѣлая звѣзда бываетъ обыкновенно красноватая или оранжевая, а меньшая кажется голубою или зеленою, вѣроятно вслѣдствіе того общаго закона оптики, что когда сѣтчатая оболочка глаза ощущаетъ впечатлѣніе яркаго окрашеннаго свѣта, тогда слабѣйшій свѣтъ, самъ по себѣ бѣлый, принимаетъ цвѣтъ, дополнительный цвѣту яркаго свѣта. Такимъ образомъ, если въ свѣтѣ яркой звѣзды преобладаетъ желтый цвѣтъ, то слабѣйшая звѣзда, видимая въ томъ же полѣ зрѣнія, кажется голубою; а если цвѣтъ яркой звѣзды приближается къ красному, то меньшая звѣздочка кажется зеленоватою, и при благопріятныхъ обстоятельствахъ принимаетъ даже ярко-зеленый цвѣтъ. Прекрасный примѣръ перваго рода мы видимъ въ ϵ Рака, а втораго въ δ .

(¹) Подобныя сочетанія очень многочисленны. Можно найти много примѣровъ въ описаніяхъ двойныхъ звѣздъ, помѣщенныхъ авторомъ во 2-мъ, 3-мъ, 4-мъ, 6-мъ, и 9-мъ томахъ *Трансакцій Королевскаго Астрономическаго Общества* и въ часто-упомянутомъ томѣ южныхъ наблюденій. Смотри въ этихъ каталогахъ № № 121, 375, 1066, 1907, 2030, 2146, 2244, 2772, 3853, 3895, 3998, 4000, 4055, 4196, 4210, 4615, 4765, 5003, 5012. Звѣзда подъ № 4923 въ каталогѣ Британскаго Общества состоитъ изъ двухъ звѣздочекъ, удаленныхъ между собою на 15'', одной желтой, 6-й вел., другой оранжевой, 7-й величины.

(²) «.... other suns, perhaps,
With their attendant moons thou wilt descry,
Communicating male and female light,
(Which two great sexes animate the world),
Stored in each orb, perhaps, with some that live.»

Paradise Lost, VIII. 148.

Андромеды (¹), двухъ красивыхъ двойныхъ звѣздахъ. Но если цвѣтная звѣзда слабѣйшая, то она не оказываетъ существеннаго вліянія на болѣе-яркую. Такъ напримѣръ въ γ Кассіопеи мы видимъ прекрасное сочетаніе большой бѣлой звѣзды съ маленькою звѣздочкой яркаго красно-пурпуроваго цвѣта. Впрочемъ мы отнюдь не утверждаемъ, что во всѣхъ подобныхъ случаяхъ одинъ изъ цвѣтовъ бываетъ непременно дополнительный. Легче выразить словами нежели постигнуть воображеніемъ, какъ разнообразно должно быть освѣщеніе планетъ, обращающихся около каждаго изъ двухъ солнцъ, краснаго и зеленаго, или желтаго и голубаго; какіе очаровательные контрасты, какіе плѣнительные переливы свѣта возможны при такихъ условіяхъ! Красный и зеленый день смѣняется, напримѣръ, бѣлымъ днемъ, или ночью, смотря по тому, какое солнце свѣтитъ, и бываютъ ли оба они надъ или подъ горизонтомъ. Одинокія красныя звѣзды, почти кроваваго цвѣта, встрѣчаются во многихъ частяхъ неба (¹); но кажется еще не было найдено отдѣльной звѣзды, рѣзко зеленаго или голубаго цвѣта, не сопровождаемой спутникомъ болѣе яркимъ чѣмъ она сама. Многія красныя звѣзды принадлежатъ къ числу переменныхъ.

907. Собственное движеніе представляетъ другой любопытный предметъ для изслѣдованія въ физической исторіи звѣздъ. Галлей первый замѣтилъ, что три главныя звѣзды, Сиріусъ, Арктуръ и Альдебаранъ, поставлены Птоломеемъ,

(¹) Маленькая звѣзда γ Андромеды тѣсно-двойная; оба ея члена зеленые. Сходное сочетаніе съ еще болѣе рѣзкимъ цвѣтомъ представляетъ двойная звѣзда λ . 881.

(²) Вотъ прямыя восхожденія и разстоянія отъ сѣвернаго полюса для 1830 г. самыхъ замѣчательныхъ кровавыхъ или рубиновыхъ звѣздъ:

Прям. восх.			Разст. отъ сѣв. пол.			Прям. восх.			Разст. отъ сѣв. пол.		
4 ^h	40 ^m	53 ^s	61 ^o	46'	21''	12 ^h	37 ^m	31 ^s	148 ^o	45'	47''
4	51	51	105	2	4	16	29	44	122	2	0
5	38	29	136	32	15	20	7	8	111	50	11
9	27	56	152	2	48	21	37	18	31	59	47
9	48	31	130	47	12	21	37	20	52	54	47
10	52	10	107	24	40	21	15	37	48	8	12

Изъ нихъ пятая, въ порядкѣ прямыхъ восхожденій, видна въ одномъ полѣ зрѣнія съ α Сидры, а девятая—въ одномъ полѣ съ β Креста. Вторая звѣзда переменная.

по наблюденіямъ Гиппарха, сдѣланнымъ за 130 лѣтъ до Р. Х., подъ широтами болѣе сѣверными соотвѣтственно на $20'$, $22'$ и $33'$, чѣмъ показывали его собственные наблюденія въ 1717 году⁽¹⁾. Если мы примемъ въ соображеніе уменьшеніе наклоненія эклиптики въ промежуткѣ 1847 лѣтъ, то окажется, что эти три звѣзды, если онѣ неподвижны, должны были при Гиппархѣ стоять по широтѣ южной, соотвѣтственно на $10'$, $14'$ и $0'$. Обстоятельства дѣла исключаютъ предположеніе ошибки въ переписываніи рукописей, и потому мы принуждены допустить въ этихъ звѣздахъ значительное движеніе къ югу по широтѣ, соотвѣтственно въ $37'$, $42'$ и $33'$. Это подтверждается наблюденіями Альдебарана, сдѣланными въ Аопнахъ, въ 509 году по Р. Х. 2-го марта этого года эта звѣзда видна была тотчасъ по окончаніи ея покрытія Луною, въ такомъ положеніи, какого она не могла бы имѣть, еслибы затмѣніе не было почти совершенно центральное; а изъ нашихъ свѣдѣній о движеніи Луны открывается, что подобное явленіе не могло бы имѣть мѣста, еслибы Альдебаранъ имѣлъ въ то время такую же южную широту какъ и теперь. Можно ожидать напередъ, что во множествѣ звѣздъ, разсыпанныхъ въ пространствѣ и ничѣмъ не удерживаемыхъ, должны обнаружиться какія-нибудь собственные движенія. Хотя взаимныя притяженія звѣздъ необъятно уменьшаются отъ чрезвычайныхъ разстояній и ослаблены превратными дѣйствіями съ противоположныхъ сторонъ, тѣмъ не менѣе въ теченіе безчисленныхъ вѣковъ должны возникнуть какія-нибудь движенія, какія-нибудь перемѣны въ ихъ взаимномъ расположеніи, происходящія отъ разности противоположныхъ дѣйствій. Существованіе такихъ движеній дѣйствительно доказывается точными наблюденіями новѣйшей астрономіи. Мы уже видѣли, что обѣ звѣзды 61-й Лебеда, въ теченіе по крайней мѣрѣ пятидесяти лѣтъ, почти не измѣнили своего взаимнаго разстоянія въ $15''$, хотя обѣ онѣ, въ продолженіе этого промежутка, измѣнили свое мѣстное положеніе на небѣ не менѣе чѣмъ на $4' 23''$, ибо годовое собственное движеніе каждой звѣзды равняется $5''$, 3.

(1) *Philos. Trans.* 1717 г., т. 30, с. 736.

На такую величину, превышающую треть взаимнаго разстоянія обоихъ членовъ, эта парная система перемѣщается ежегодно на неизвѣстномъ пути, увлекаемая движеніемъ, которое въ теченіе многихъ столѣтій должно считать равномѣрнымъ и прямолинейнымъ. Между звѣздами не двойными, ничѣмъ не отличающимися отъ другихъ звѣздъ, особенно замѣчательны по наибольшему доселѣ пзвѣстному собственному движенію ϵ Индійца ⁽¹⁾, 1830-я Грумбриджа и μ Кассіопеи, которыхъ годовыя перемѣщенія доходятъ соотвѣтственно до $7'',74$, $7'',75$ и $3'',74$. Наблюденія показали, что многія другія звѣзды также постоянно пзмѣняютъ свое мѣсто, вслѣдствіе собственнаго движенія, хотя и не столь значительнаго, но тѣмъ не менѣе несомнѣннаго ⁽²⁾.

908. Существованіе движеній, хотя и столь медленныхъ, что возникающія отъ нихъ перемѣны въ расположеніи становятся замѣтными невооруженному глазу не прежде какъ по истеченіи многихъ столѣтій, конечно уничтожаетъ понятіе о математической неподвижности; но, по своей ничтожности въ практическомъ отношеніи, оно не даетъ повода измѣнить общеупотребительныя выраженія языка, и говоря о звѣздахъ, мы можемъ по прежнему называть ихъ неподвижными. Тѣмъ не менѣе астрономы, убѣдившись однажды въ достовѣрности этихъ движеній, какъ они ни малы, старались ихъ объяснить и подчинить общимъ законамъ. Размышляя внимательно объ этомъ предметѣ, никто ни отвергнетъ весьма вѣроятной, почти несомнѣнной мысли, что наше Солнце, подобно звѣздамъ, должно имѣть собственное движеніе въ какомъ-нибудь направленіи. Неизбѣжнымъ слѣдствіемъ такого движенія, въ которомъ не участвуютъ прочія тѣла вселенной, должно быть медленное,

(1) Д' Аррестъ, *Astron. Nachr.* № 618. Аргеландеръ, тамъ же № 475.

(2) Читатель можетъ справиться съ спискомъ Байли 314 звѣздъ, имѣющихъ дѣйствительное или предполагаемое собственное годовое движеніе не менѣе чѣмъ въ $0'',5$ по большому кругу. *Transact. Astr. Soc.*, т. V, ст. 158.

общее видимое стремленіе всѣхъ звѣздъ къ той безконечно-отдаленной точкѣ, къ которой направлены всѣ линіи, параллельныя этому движенію, и въ ту сторону, которую покидаетъ Солнце, независимо отъ того, какъ бы ни отличалось это направленіе отъ направленія собственнаго движенія каждой отдѣльной звѣзды. Такое явленіе есть необходимое слѣдствіе перспективы; оно должно обнаружиться изъ наблюдений, если извѣстны въ точности видимыя собственные движенія всѣхъ звѣздъ, и если мы увѣрены, что эти движенія независимы другъ отъ друга, т.-е. что вся небесная твердь, или по крайней мѣрѣ ея ближайшая, видимая часть, не переносится въ пространствѣ общимъ движеніемъ въ одномъ направленіи, вслѣдствіе невѣдомаго намъ процесса медленныхъ внутреннихъ перемѣнъ въ томъ звѣздномъ пластѣ, къ которому принадлежитъ наша система, подобно тому какъ плаваютъ пылинки среди воздушнаго тока, пребывая почти въ неизмѣнномъ положеніи относительно другъ друга.

909. Основываясь на этихъ соображеніяхъ, хотя и не высказанныхъ прямо, но явно служившихъ путеводною нитью всего разсужденія, Уильямъ Гершель, разсматривая въ 1783 году приблизительно-извѣстныя въ то время собственные движенія звѣздъ, пришелъ къ заключенію, что главная часть ихъ объясняется относительнымъ движеніемъ нашего Солнца между звѣздами, направленнымъ къ точкѣ, лежащей около λ Геркулеса, подъ прям. восх. въ $17^{\circ} 22'' = 260^{\circ} 34'$ и разстояніемъ отъ сѣвернаго полюса въ $63^{\circ} 43'$ (1790 г.), и что остальная часть собственныхъ движеній этою причиною необъяснима. Въ этомъ же году Прево, разсматривая предметъ почти съ одинаковой точки зрѣнія, нашелъ, что точка, къ которой направлено движеніе Солнца, находится почти въ такомъ же разстояніи отъ полюса, но разнится по прямому восхожденію на 27° . Съ тѣхъ поръ методы вычисленія были усовершенствованы и сдѣланы удобоприложимѣе, наши познанія о собственныхъ движеніяхъ звѣздъ приобрѣли большую точность, и замѣчены многіе новые случаи подобнаго движенія. Предметъ былъ снова подвергнутъ изслѣдованію извѣстными

астрономами и геометрами. Аргеландеръ, изъ сравненія 21 звѣзды, которыхъ годовое собственное движеніе превышаетъ $1''$, нашелъ, что точка, къ которой стремится Солнце, имѣетъ прямое восхожденіе въ $256^{\circ} 25'$ и разстояніе отъ сѣвернаго полюса въ $51^{\circ} 23'$; разсмотрѣніе 50 звѣздъ, съ собственнымъ годовымъ движеніемъ отъ $0'',5$ до $1''$ дало ему прям. восх. въ $255^{\circ} 10'$ и разст. отъ сѣв. пол. въ $51^{\circ} 26'$; а изъ 319 звѣздъ съ собственнымъ движеніемъ отъ $0'',1$ до $0'',5$ онъ вывелъ прям. восх. въ $261^{\circ} 11'$ и разст. отъ сѣв. пол. въ $59^{\circ} 2'$. Вычисленія Лундаля, основанныя на собственныхъ движеніяхъ 147 звѣздъ, даютъ пр. восх. въ $252^{\circ} 53'$ и разст. отъ сѣв. пол. въ $75^{\circ} 34'$. Отто Струве, изъ весьма тщательнаго изслѣдованія собственныхъ движеній 392 звѣздъ, опредѣлялъ: прям. восхожд. $261^{\circ} 22'$ и разст. отъ сѣв. пол. $62^{\circ} 24'$. Всѣ эти положенія относятся къ 1790 году.

910. Вѣроятнѣйшая средняя величина изъ результатовъ, найденныхъ этими тремя астрономами, для той же эпохи, есть слѣдующая: прям. восх. $= 259^{\circ} 9'$, разст. отъ сѣв. пол. $= 55^{\circ} 23'$. Но такъ какъ изслѣдованія трехъ упомянутыхъ астрономовъ были основаны только на звѣздахъ, видимыхъ на европейскихъ обсерваторіяхъ, то весьма любопытно было повѣрить, въ какой степени ихъ заключенія подтверждаются или опровергаются звѣздами южнаго полушарія, и для этого подвергнуть послѣднія, отдѣльно, тому же способу вычисленія. Сравненіе наблюденій Лакаля на мысѣ Доброй Надежды, въ 1751 и 1752 годахъ, съ наблюденіями Джонсона на островѣ Св. Елены, въ 1829—33 годахъ, и съ наблюденіями Гендерсона на томъ же мысѣ, въ 1830 и 1831 годахъ, давало средства къ рѣшенію вопроса. Трудъ былъ превосходно исполненъ Галлоуэйемъ (Galloway), въ запискѣ, изданной въ *Философскихъ Трансакціяхъ* 1841 года. Читатель найдетъ тамъ болѣе подробное изложеніе исторіи предмета, нежели то допускаютъ предѣлы нашей книги. Сравнивая каталоги, Галлоуэй нашелъ, что пятьдесятъ одна звѣзда не были включены въ упомянутыя предшествовавшія изслѣдованія и притомъ обнаружилъ въ промежуткѣ такое зна-

чительное собственное движеніе, которое нельзя было объяснить погрѣшностями первыхъ наблюденій. Приложивъ къ нимъ тотъ же методъ вычисленія, Галлоуэй вывелъ, что положеніе точки, къ которой направлено движеніе Солнца, опредѣляется, для 1790 года, прямымъ восхожденіемъ въ $260^{\circ}4'$ и разстояніемъ отъ сѣвернаго полюса въ $55^{\circ}37'$. Этотъ результатъ такъ сходенъ съ результатомъ, выведеннымъ изъ звѣздъ сѣвернаго полушарія, что вполне убѣждаетъ насъ въ томъ, что онъ близокъ къ истинѣ, и можетъ служить намъ доказательствомъ существованія указанной физической причины.

911. По свойству нашего сочиненія, мы не можемъ изложить здѣсь ходъ математическаго изслѣдованія, но такъ какъ философское начало, служащее ему основаніемъ, было толкуемо превратно, то необходимо присовокупить нѣсколько словъ для объясненія. Почти всѣ великія открытія въ астрономіи возникли изъ изслѣдованія тѣхъ *явленій*, которыя мы называли въ другомъ сочиненіи *остаточными* ⁽¹⁾, количественнаго или числоваго рода, то-есть изъ разсмотрѣнія тѣхъ частей количественныхъ или числовыхъ результатовъ наблюденій, которыя остаются необъясненными послѣ того какъ было принято въ соображеніе все зависящее отъ строгаго приложенія извѣстныхъ началъ. Такимъ образомъ великое открытіе предваренія равноденствій было слѣдствіемъ явленія, остающагося послѣ несовершеннаго объясненія возвращенія временъ года возвращеніемъ Солнца въ то же видимое положеніе между звѣздами: Абберрація и колебаніе послужили объясненіемъ остаточнаго явленія, представляющаго ту часть измѣненій въ видимомъ положеніи неподвижныхъ звѣздъ, въ которой предвареніе не даетъ отчета. Въ свою очередь *видимое* собственное движеніе звѣздъ есть наблюдаемый остатокъ ихъ видимыхъ движеній, который остается безъ объясненія, послѣ точнаго вычисленія вліяній предваренія, колебанія и абберраціи. Усовершенствованіе нашихъ

(1) Джонъ Гершель, *Discourse on the Study of Natural Philosophy. Cabinet Cyclopaedia*, № 14.

теоріи состоитъ въ возможномъ уменьшеніи этого остатка, этого отсѣда наблюдений, и въ полномъ его уничтоженіи, если то удобоисполнимо; для чего необходимо или обнаружить какой-либо пропускъ въ опредѣленіи извѣстныхъ причинъ, или разсмотрѣть остаточное явленіе какъ новый фактъ и, по началамъ наведенія, дойти отъ дѣйствія до его причины или причинъ. Прибѣгая для объясненія къ новой, дотолѣ оставленной безъ вниманія причинѣ, необходимо предварительно рѣшить, можетъ ли она оказать подобнаго рода дѣйствія, и потомъ приписать ей такую напряженность, которая давала бы отчетъ въ наибольшей величинѣ разсматриваемаго остаточнаго явленія. Когда примемъ за подобную причину собственное движеніе Солнца, нашему разсмотрѣнію подлежатъ его направленіе и скорость; обѣ эти данныя могутъ сдѣлаться намъ извѣстными не иначе, какъ изъ изслѣдованія самаго обсуждаемаго здѣсь явленія. Поэтому мы должны стараться объяснить, если можно—вполнѣ, наблюдаемыя собственныя движенія соответственнымъ выборомъ величинъ обоихъ элементовъ. Если же это невозможно, то необъяснимую въ такомъ предположеніи часть явленія слѣдуетъ принять за остатокъ болѣе загадочнаго порядка и разсматривать ее покуда какъ нѣчто случайное, что съ одинаковою вѣроятностію можетъ быть направлено и въ ту и въ другую сторону. Во всѣхъ подобныхъ случаяхъ теорія вѣроятностей требуетъ приложенія общаго математическаго процесса, извѣстнаго подъ названіемъ *способа наименьшихъ квадратовъ*, который, строгимъ геометрическимъ путемъ, приводитъ къ опредѣленію для искомыхъ элементовъ величинъ, *при всѣхъ обстоятельствахъ, наиболее вѣроятныхъ*.

912. Къ этому способу обратились геометры, упомянутые въ предыдущихъ параграфахъ (§§ 909 910). Онъ даетъ не только направленіе въ пространствѣ, но и *скорость* движенія Солнца, выраженную въ тѣхъ же единицахъ, въ которыхъ даны подлежащія объясненію звѣздныя движенія, т.-е. въ секундахъ дуги, которую бы заняло движеніе Солнца въ пространствѣ, наблюдаемое на разстояніи, равномъ

среднему разстоянію звѣздъ. Здѣсь встрѣчается обстоятельство весьма затрудняющее задачу и побуждающее насъ ввести въ ея рѣшеніе элементъ, зависящій отъ болѣе или менѣе произвольнаго предположенія. Исключая два или три случая, разстояніе звѣздъ намъ неизвѣстно, и потому мы принуждены или ограничиться этими случаями, на которыхъ, по ихъ малочисленности, нельзя основать выводы, или допустить какое-либо предположеніе о среднемъ разстояніи употребленныхъ въ вычисленіи звѣздъ. Руководствоваться можно здѣсь только вѣроятностію, и предъ нами открываются лишь два способа: мы должны или распредѣлить разстоянія звѣздъ сообразно ихъ величинѣ или видимому блеску, и произвести вычисленія отдѣльно для каждаго класса, предполагая, что всѣ звѣзды одного класса почти равно удалены отъ насъ; или же распредѣлить звѣзды сообразно величинѣ ихъ видимаго собственного движенія, въ томъ предположеніи, что звѣзды, движущіяся быстрѣе, къ намъ ближе. Первому пути слѣдовалъ Отто Струве, а второму—Аргеландеръ. Два обстоятельства имѣютъ вліяніе на приложеніе послѣдняго начала классификаціи: во 1-хъ, *истинное* движеніе звѣздъ представляется въ перспективѣ въ сокращенномъ видѣ, и во 2-хъ, та часть полнаго *видимаго* движенія, которая происходитъ отъ дѣйствительнаго движенія Солнца, зависитъ не только отъ истиннаго разстоянія звѣздъ, но также и отъ ихъ углового разстоянія отъ той точки, къ которой стремится Солнце, и при равенствѣ прочихъ условій, пропорціональна синусу этого угла. Для правильности классификаціи нужно было бы знать объ подробности для каждой звѣзды. Первая, очевидно, намъ недоступна, и потому мы принуждены разсматривать ее какъ случайное явленіе, которое въ изслѣдованіи большаго числа звѣздъ не оказываетъ вліянія на результатъ. Но вторюю мы не можемъ располагать по произволу. Зная приближенно положеніе на небѣ точки, къ которой направлено движеніе Солнца, можно было бы опредѣлить приближенные величины одной лишь видимой части собственного движенія звѣздъ, въ томъ предположеніи, что разстоянія отъ насъ всѣхъ звѣздъ

одинаковы; отнявъ потомъ эту часть отъ полныхъ движеній по наблюденію, мы получили бы въ остаткѣ основаніе для искомой классификаціи ⁽¹⁾. Но такой способъ слишкомъ ограниченъ и не совсемъ благонадеженъ. Съ другой стороны, классификація звѣздъ по ихъ видимому блеску не сопряжена съ подобными затрудненіями, ибо мы имѣемъ полное право допустить, что вообще блестящія звѣзды къ намъ ближе, и что исключенія изъ этого правила только случайны, понимая последнее слово въ томъ смыслѣ, который оно всегда имѣетъ въ изслѣдованіяхъ подобнаго рода, т.-е. какъ означающее лишь наше невѣдѣніе причины уклоненій въ ту или другую сторону отъ опредѣленнаго числоваго закона. Галлоуэй, въ своемъ изслѣдованіи южныхъ звѣздъ, вовсе не обратилъ вниманія на разстоянія; это равнозначительно съ признаніемъ въ томъ, что мы вовсе не имѣемъ свѣдѣній какъ объ этомъ предметѣ, такъ и объ истинномъ направленіи и скорости отдѣльныхъ движеній.

913. Изъ вычисленій Отто Струве оказывается, что скорость движенія Солнца такова, что пространство, пробѣгаемое имъ въ годъ и наблюдаемое подъ прямыхъ угломъ на среднемъ разстояніи звѣзды первой величины, равняется $0'',3392$. Допустивъ съ Струве отцомъ, что параллаксъ подобной звѣзды вѣроятно равняется $0'',209$ ⁽²⁾, мы можемъ сравнить величину этого годоваго движенія съ радіусомъ земной орбиты, и находимъ въ результатъ 1,623. Итакъ Солнце подвигается въ пространствѣ (по крайней мѣрѣ относительно звѣздъ), увлекая за собою всю планетную и кометную систему, со скоростію 1,623 радіуса земной орбиты, или 232 599 000 верстъ въ годъ, что составитъ въ сутки около 638 000 верстъ (почти радіусъ Солнца); другими словами, Солнце движется съ такою скоростію, которая

(1) Аргеландеръ составилъ свои классы помимо этихъ соображеній, принявъ за основаніе только полную видимую величину собственного движенія. Это можетъ служить поводомъ къ возраженіямъ, но тѣмъ убѣдительнѣе согласіе полученныхъ имъ частныхъ результатовъ.

(2) *Etudes d'Astronomie Stellaire*, с. 107.

немного болѣе одной четверти скорости движенія Земли по орбитѣ.

914. Вѣроятно пройдетъ еще одно, а можетъ-быть и нѣсколько поколѣній астрономовъ, прежде чѣмъ болѣе обширное познаніе собственнаго движенія звѣздъ доставить намъ средство рѣшить, на сколько вышеприведенныя направленіе и скорость движенія Солнца разнятся отъ истины, дѣйствительно ли это движеніе равномерно и не обнаруживается ли въ немъ какой-либо признакъ уклоненія отъ прямой линіи, такъ чтобы предвидѣлась возможность опредѣлить нѣкогда дугу солнечной орбиты и указать въ какомъ направленіи преобладающее тяготѣніе звѣздной тверди дѣйствуетъ на центральное тѣло нашей системы. Примѣръ такого уклоненія отъ равномерности, кажется, представляетъ намъ предполагаемое существованіе уклоненія этого рода въ собственныхъ движеніяхъ Сиріуса и Прокіона. Полагаютъ, что со времени достовѣрныхъ и благонадежныхъ наблюденій направленіе движенія этихъ двухъ звѣздъ замѣтно измѣнилось. Явленіе, какъ фактъ, казалось столь несомнѣннымъ, что послужило поводомъ къ умозаключеніямъ о вѣроятномъ обращеніи этихъ двухъ звѣздъ вокругъ темныхъ, и потому невидимыхъ тѣлъ, лежащихъ въ недалекомъ отъ нихъ разстояніи, какъ въ парныхъ звѣздахъ. Петерсъ недавно показалъ (*Astronom. Nachr.* № 748), что для Сиріуса всѣ неправильности замѣчательнымъ образомъ устраняются, и остается лишь равномерное движеніе, если мы допустимъ, что эта звѣзда обращается въ 50,093 года, по эллипсису, съ эксцентриситетомъ въ 0",7994, и примемъ за эпоху прохожденія чрезъ перигеліи 1794,431 года по Р. X.

915. Все разсужденіе, ведущее къ опредѣленію солнечнаго движенія въ пространствѣ, основано на совершенномъ исключеніи всякаго закона, выводимаго изъ наблюдений или предполагаемаго теоретически, касательно величины и направленія истинныхъ движеній какъ самаго Солнца, такъ и звѣздъ. Оно предполагаетъ полное непризнаваніе въ этихъ движеніяхъ какой-либо направляющей причины, каково, на-

примѣръ, общее обращеніе около общаго центра. Каждое подобное ограниченіе, вводимое въ условія задачи, измѣнило бы въ цѣломъ ея свойство и форму ея рѣшенія. Допустимъ, на примѣръ, сообразно съ мнѣніемъ нѣкоторыхъ астрономовъ, что вся система Млечнаго Пути, заключающая въ себѣ наше Солнце и ближайшія къ намъ звѣзды, составляющія наше звѣздное небо, имѣетъ общее вращательное движеніе въ плоскости галактическаго круга (всякое другое движеніе было бы чрезвычайно невѣроятно и едва ли согласимо съ началами динамики), и сохраняется въ цѣлости взаимнымъ тяготѣніемъ всѣхъ звѣздъ системы, противодействующимъ средобѣжной силѣ, возникающей отъ этого обращенія. Если мы вмѣстѣ съ тѣмъ не допустимъ, что размѣры этого движенія такъ огромны, что всѣ звѣзды, которыхъ собственныя движенія вошли въ наши вычисленія, участвуютъ въ немъ полнымъ соборомъ (составляя слишкомъ малую составную часть цѣлаго, чтобы замѣтно разниться въ своемъ отношеніи къ центральной точкѣ); то мы не будемъ въ состояніи вывести какое-либо заключеніе не только объ абсолютномъ движеніи Солнца, но и объ его движеніи относительно этихъ звѣздъ, прежде чѣмъ откроемъ законъ, или примемъ составленную на этотъ случай гипотезу, имѣющую силу закона, для установленія связи между полнымъ движеніемъ или частью движенія каждаго тѣла и положеніемъ послѣдняго въ пространствѣ.

916. Подобныя предположенія не новость въ астрономіи; еще недавно Медлеръ пытался опредѣлить мѣсто въ пространствѣ того центра, вокругъ котораго обращаются Солнце и звѣзды, и думалъ найти, что этотъ центръ находится въ группѣ Плеядъ. Такое положеніе совершенно невѣроятно, ибо оно уклоняется на 26° отъ плоскости галактическаго круга, внѣ котораго какое-либо общее обращеніе едва ли вообразимо. При настоящемъ несовершенствѣ нашихъ свѣдѣній о собственномъ движеніи малыхъ звѣздъ, особенно по прямому восхожденію (движеніе въ этомъ направленіи по большей части не такъ легко опредѣлить какъ движеніе по склоненію, по крайней мѣрѣ оно было изслѣдовано

далеко не съ равною точностію), всѣ подобныя попытки, кажется, до нѣкоторой степени преждевременны, хотя и нельзя не признать ихъ любопытными предвѣстниками болѣе опредѣлительнаго рѣшенія. Вопросъ о томъ, обращается ли планетъ Млечный Путь въ своей собственной плоскости, можно прямо рѣшить тщательными наблюденіями надъ прямыми восхожденіями и склоненіями большаго числа звѣздъ Млечнаго Пути, нарочно выбранныхъ съ должною осмотрительностію для этой цѣли *между всѣми величинами*, не исключая самыхъ малыхъ удобоотличимыхъ звѣздъ, которыя только можно наблюдать съ обычною точностію. Мы приглашаемъ директоровъ постоянныхъ обсерваторій въ обоихъ полушаріяхъ обратить особенное вниманіе на это изслѣдованіе, если тѣ снаряды, которыми они могутъ располагать, соотвѣтствуютъ цѣли. Тридцати или сорокалѣтнія неусыпныя наблюденія, посвященные этому предмету, должны рѣшить вопросъ вполне ⁽¹⁾.

917. Если движеніе Солнца не есть только видимое, но дѣйствительное, то отъ него возникаютъ уранографическія поправки, сходныя съ параллаксомъ и абераціей. Солнечный или системный параллаксъ есть не иное что какъ видимая часть собственного движенія каждой звѣзды, зависящаго отъ движенія Солнца, и до тѣхъ поръ, пока разстояніе звѣздъ неизвѣстно, эта часть сливается съ остальною, истинною частію движенія, и не можетъ быть отъ нея отдѣлена. Системная аберація, тамъ гдѣ величина ея наибольшая, на разстояніи 90° отъ точки, къ которой стремится Солнце, доходитъ до 5" и перемѣщаетъ всѣ звѣзды въ направленіяхъ большихъ круговъ, расходящихся изъ этой точки, на углы, пропорціональные синусамъ ихъ отъ нея разстоянія. Но это перемѣщеніе постоянно одинаково и потому ничѣмъ не обна-

(1) Изъ изслѣдованія собственного движенія звѣздъ каталога Британскаго Общества, лежащихъ въ ближайшихъ къ полюсамъ частяхъ Млечнаго Пути, гдѣ почти все движеніе падаетъ на прямое восхожденіе, не обнаружилось ясныхъ признаковъ такого обращенія. Для основательнаго рѣшенія вопроса, изъ замѣченныхъ собственныхъ движеній нужно будетъ опредѣлить вновь какъ предвареніе равноденствій, такъ и измѣненіе наклоненія эклиптики къ экватору.

руживается, пока направленіе движенія Солнца остается неизмѣннымъ. Если же въ послѣдствіи времени его направленіе и скорость измѣнятся, то вмѣстѣ съ ними измѣнятся также направленіе и величина системной абераціи. Впрочемъ эти перемѣны сольются съ измѣненіями въ видимомъ собственномъ движеніи звѣздъ, и безнадежно, кажется, ожидать успѣха въ отдѣленіи ихъ другъ отъ друга.

918. Съ перваго взгляда можетъ показаться парадоксомъ, что поступательное движеніе свѣта, въ сочетаніи съ собственнымъ движеніемъ звѣздъ, имѣетъ вліяніе на видимую продолжительность періода обращенія одной парной звѣзды вокругъ другой ⁽¹⁾. Предположимъ, для объясненія, что звѣзды какой-нибудь парной системы обращаются другъ около друга, въ плоскости, перпендикулярной къ лучу зрѣнія, въ 10000 дней. Еслибы Солнце и центръ тяжести парной системы были неподвижны въ пространствѣ, то по истеченіи этого промежутка времени звѣзды пришли бы въ первоначальное относительное положеніе, и еслибы въ началѣ уголъ положенія былъ 0° , то по прошествіи 10000 дней онъ снова сдѣлался бы равнымъ 0° . Допустимъ теперь, что центръ тяжести звѣзды удаляется по направленію прямой линіи отъ Солнца, описывая *ежедневно* десятую часть радіуса земной орбиты. Въ такомъ случаѣ, по истеченіи 10000 дней, звѣзда будетъ отъ насъ далѣе на 1000 таковыхъ радіусовъ, т.-е. на такое пространство, которое свѣтъ пробѣгаетъ въ 57 дней. Поэтому хотя чрезъ 10000 дней уголъ положенія звѣздъ дѣйствительно сдѣлается 0° , но въ нашей системѣ это будетъ видно не прежде какъ по истеченіи 57 дней. Другими словами, періодъ будетъ продолжаться для насъ 10057 дней; ибо для насъ, какъ для наблюдателей, періодъ оканчивается лишь съ появленіемъ первоначальнаго угла положенія. Движеніе въ противоположномъ направленіи окажетъ противное дѣйствіе.

(1) Дж. Гершель, *Astronom. Nachr.* № 520.

ГЛАВА XVII.

О СКУЧЕННЫХЪ ЗВѢЗДАХЪ И ТУМАННОСТЯХЪ.

Группы скученныхъ звѣздъ. — Шарообразныя группы этого рода. — Динамическая возможность ихъ устойчивости. — Списокъ самыхъ замѣчательныхъ скопищъ звѣздъ. — Классификація туманностей и скопищъ звѣздъ. — Ихъ распредѣленіе на небѣ. — Неправильныя группы скученныхъ звѣздъ. — Разрѣшимыя туманности. — Теорія образованія скученныхъ группъ отъ сгущенія туманностей. — Эллиптическія туманности. — Туманность въ Андромедѣ. — Кольцеобразныя и планетныя туманности. — Двойныя туманности. — Туманныя звѣзды. — Соотношеніе туманностей съ двойными звѣздами. — Отдѣльныя туманности не совсѣмъ неправильной формы. — Безвидныя туманности. — По закону ихъ распредѣленія слѣдуетъ разсматривать ихъ какъ пограничныя придатки Млечнаго Пути. — Туманности и туманная группа въ Оріонѣ, — въ Аргосѣ, — въ Стрѣльцѣ, — въ Лебедѣ. — Магеллановы Облака. — Странныя туманности въ большомъ облакѣ. — Зодіакальный свѣтъ. — Падающія звѣзды. — Соображенія о динамическомъ происхожденіи солнечнаго тепла.

919. Обозрѣвая въ ясную ночь небо, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ нельзя не замѣтить такихъ группъ, гдѣ звѣзды сжаты тѣснѣе чѣмъ въ сосѣднихъ частяхъ и образуютъ блестящія кучы, какъ бы собранныя какою-то общою причиною, а не случайнымъ распредѣленіемъ. Въ такъ-называемой группѣ Плеядъ мы видимъ шесть или семь звѣздъ, когда смотримъ на нее прямо, и насчитываемъ въ ней гораздо болѣе звѣздъ, если *отводимъ*

глаза въ сторону, не переставая глядѣть на группу (1). Въ трубу можно отличить здѣсь отъ пятидесяти до шестидесяти свѣтлыхъ звѣздъ, собранныхъ въ довольно-тѣсномъ пространствѣ, и какъ бы отдѣленныхъ отъ окружающей части неба. Созвѣздіе Волосъ Вереники представляетъ намъ другую подобную группу, болѣе разсѣянную и составленную вообще изъ звѣздъ болѣе крупныхъ.

920. Въ созвѣздіи Рака есть сходное, но не столь определенное свѣтлое пятно, называемое Яслями, или пчелинымъ Ульемъ, которое въ самыя посредственныя трубы вполне разлагается на звѣзды. Въ рукояти меча Персея находится другое подобное пятно, усыпанное звѣздами, которыя можно отличить, каждую отдѣльно, въ болѣе-сильныя трубы. Такіе предметы называются скопищами звѣздъ. Какова бы ни была природа этихъ пятенъ, достовѣрно, что сближеніе составляющихъ ихъ тѣлъ совершилось не по тѣмъ законамъ, отъ которыхъ зависѣло распредѣленіе звѣздъ на всей поверхности неба. Изслѣдованіе какъ этихъ, такъ и другихъ подобныхъ имъ пятенъ, при помощи весьма сильныхъ трубъ, дѣлаетъ такое заключеніе еще болѣе убѣдительнымъ. На небѣ существуетъ много предметовъ, которые смѣшивали съ кометами и которые дѣйствительно очень сходны съ безхвостыми кометами; они имѣютъ видъ небольшихъ круглыхъ, или овальныхъ туманностей, и въ порядочныхъ трубахъ не мѣняютъ своей формы. Въ *Connaissance des Temps* на 1784 годъ Мессье помѣстилъ списокъ 104 предметовъ этого рода, съ которыми искатели кометъ должны близко ознакомиться, чтобъ

(1) Весьма замѣчательно, что середина ретины гораздо менѣе чувствительна къ слабымъ впечатлѣніямъ свѣта, чѣмъ ея края. Не убѣдившись въ томъ опытомъ, не многіе повѣрятъ, до какой степени доходить эта сравнительная нечувствительность. Чтобъ увѣриться въ этомъ, пусть читатель посмотритъ на звѣзду пятой величины прямо и со стороны; или пусть онъ выберетъ двѣ равно свѣтлыя звѣзды, отстоящія другъ отъ друга на 3^о или 4^о, и смотритъ прямо на одну изъ нихъ; тогда, вѣроятно, онъ будетъ видѣть *только другую*. Этимъ объясняется почему при взглядѣ на небо намъ кажется, что на немъ такъ много звѣздъ, и почему ихъ оказывается мало, когда мы начинаемъ ихъ пересчитывать.

избѣгнуть заблужденій, поражаемыхъ сходствомъ ихъ между собою по наружному виду. Неподвижность этихъ пятенъ уже ясно доказываетъ, что они не кометы, и всякая подобная мысль совершенно разсѣивается, когда мы разсматриваемъ ихъ въ сильные оптичскіе снаряды, напримѣръ въ рефлекторы съ отверстіемъ въ восемнадцать дюймовъ, или два и болѣе футовъ. Тогда обнаруживается, что по большей части эти туманности вполнѣ составлены изъ звѣздъ, такъ тѣсно скученныхъ вмѣстѣ, что онѣ почти наполняютъ собою определенное очертаніе, и сливаются въ свѣтлое сіяніе около центра, гдѣ ихъ накопленіе бываетъ обыкновенно наибольшее (см. таб. II фиг. 1, которая изображаетъ, нѣсколько грубовато, тринадцатую туманность списка Мессье, по наблюденію въ рефлекторъ съ отверстіемъ въ 18 дюймовъ и фокуснымъ разстояніемъ въ 20 футовъ; Мессье описываетъ ее какъ беззвѣздную туманность, *nébuleuse sans étoiles*). Многія туманности имѣютъ совершенно круглую форму и возбуждаютъ своимъ видомъ ясное понятіе о шаровидномъ пространствѣ, наполненномъ звѣздами, занимающемъ отдѣльное положеніе въ небѣ, и образующемъ особое семейство, отдѣленное отъ остальнаго міра и управляемое собственными внутренними законами. Тщетно было бы желаніе сосчитать звѣзды въ подобномъ шаровидномъ скопищѣ: ихъ тамъ не сотни; грубое счисленіе, основанное на видимыхъ между ними промежуткахъ близъ краевъ и на величинѣ углового діаметра всей группы, показываетъ, что во многихъ скопищахъ этого рода должно содержаться по крайней мѣрѣ пять тысячъ звѣздъ, скученныхъ и заключенныхъ въ кругломъ пространствѣ, котораго угловой діаметръ не превышаетъ восьми или десяти минутъ, то-есть занимаетъ собою площадь не болѣе десятой части площади, покрываемой Луною.

921 Быть-можетъ покажется уже слишкомъ смѣлымъ признать отдѣльные члены подобной группы солницами, сходными съ нашимъ Солнцемъ и удаленными другъ отъ друга на такія же разстоянія, какія отдѣляютъ насъ отъ ближайшихъ звѣздъ; но если мы сообразимъ, что совокупный блескъ всѣхъ этихъ членовъ дѣйствуетъ на глазъ слабѣе чѣмъ звѣзда четвертой величины (ибо самое большое подобное скопище едва отличимо

простымъ зрѣніемъ), то возникающее отсюда понятіе объ ихъ удаленіи отъ насъ располагаетъ насъ допустить самыя широкія предположенія объ ихъ размѣрахъ. Во всякомъ случаѣ, обособленную и сомкнутую такимъ образомъ группу едва ли можно разсматривать иначе какъ отдѣльную систему, имѣющую особый, опредѣленный характеръ. Круглота формы ясно обозначаетъ существованіе нѣкоторой общей связи въ свойствѣ притягательной силы; притомъ во многихъ подобныхъ предметахъ замѣтно такое явно возрастающее сгущеніе по мѣрѣ приближенія къ центру, которое нельзя объяснить равномернымъ распределеніемъ равно удаленныхъ между собою звѣздъ среди шаровиднаго пространства, по которое обнаруживаетъ дѣйствительное увеличиваніе *плотности* накопленія тѣлъ, большей въ центрѣ, чѣмъ на поверхности массы. Трудно составить себѣ понятіе о динамическомъ состояніи подобной системы. Съ одной стороны, безъ вращательнаго движенія и средобѣжной силы, едва ли возможно разсматривать ее иначе, какъ въ состояніи прогрессивнаго сосредоточиванія. Съ другой стороны, допустивъ такое движеніе и такую силу, не менѣе трудно согласить видимую сферичность ихъ формы съ вращеніемъ всей системы вокругъ одной оси, безъ котораго столкновенія, какъ кажется съ перваго взгляда, неизбежны. Если мы предположимъ, что шаровидное пространство наполнено равными, равномерно распределенными и очень многочисленными звѣздами, которыя всѣ притягиваютъ другъ друга обратно пропорціоально разстояніямъ, то составная, дѣйствующая на какую-либо изъ звѣздъ (исключая звѣзды, лежащія на поверхности) вслѣдствіе ихъ совокупныхъ притяженій, должна быть направлена къ общему центру сферы и пропорціональна разстоянію звѣзды отъ центра. Это истекаетъ изъ доказаннаго Ньютономъ закона *внутренняго* притяженія однородной сферы. (Смотри также примѣчаніе къ § 778). Подъ вліяніемъ такого закона силы, каждая звѣзда должна описывать правильный эллипсисъ вокругъ общаго центра тяжести какъ своего центра, въ какой бы плоскости и въ какомъ бы направленіи она ни обращалась. Поэтому обращеніе скопища звѣздъ, какъ массы, вокругъ одной оси было бы бесполезно.

Каждый эллипсисъ, каково бы ни было взаимное отношеніе его осей и какъ бы ни была наклонена его плоскость къ плоскостямъ другихъ эллипсисовъ, пребываетъ неизмѣннымъ во всѣхъ подробностяхъ, и всѣ эти эллипсисы описываются въ одинаковомъ общій періодъ, такъ что по окончаніи каждаго подобнаго періода, или *великаго года* системы, всѣ звѣзды скопища (исключая лежащія на его поверхности) возвращаются въ свое первоначальное положеніе и начинаютъ снова то же неизмѣнное обращеніе изъ вѣка въ вѣкъ. Если мы предположимъ, что движенія звѣздъ были нѣкогда сложены такъ, что орбиты ихъ не могутъ взаимно пересѣкаться, и что величина каждой звѣзды и сфера напряженнаго дѣйствія ея притяженія незначительна въ сравненіи съ разстояніями звѣздъ другъ отъ друга; то подобная система, очевидно, можетъ существовать, и представляетъ намъ, въ главныхъ чертахъ, ту отвлеченную и идеальную гармонію, которая характеризуетъ законъ силы, дѣйствующей въ прямомъ отношеніи разстояній, какъ то показалъ Ньютонъ въ 89-мъ предложеніи первой книги *Principia* ⁽¹⁾.

922. Прилагаемъ для образца положеніе для 1830 г. главнѣйшихъ замѣчательныхъ предметовъ этого рода :

Прямое вос- хожденіе.	Разст. отъ сѣв. полюса.	Прямое вос- хожденіе.	Разст. отъ сѣв. полюса.
0 ^h 16 ^m 25 ^s	163° 2'	16 ^h 23 ^m 2 ^s	102° 40'
9 8 33	154 10	16 35 37	53 13
12 47 41	159 57	16 50 24	119 51
13 4 30	70 55	17 26 51	143 34
13 16 38	136 35	17 28 42	93 8
13 34 10	60 46	18 26 4	114 2
15 9 56	87 16	18 55 49	150 14
15 34 56	127 13	21 21 43	78 34
16 6 55	112 33	21 24 40	91 34

(1) См. еще *Quarterly Review*, № 94, стр. 504.

Самое видное и замѣчательное изъ скопищъ этого списка есть ω Кентавра, являющееся въ порядкѣ прямого восхожденія. Его можно отличить простымъ глазомъ какъ тусклый кометовидный предметъ, равный звѣздѣ почти 4, 5 величины, и вѣроятно оно казалось бы гораздо свѣтлѣе, еслибъ было сосредоточено въ одной точкѣ. Въ сильную трубу оно представляется шаромъ не менѣе 20' въ діаметрѣ; яркость его свѣта очень постепенно возрастаетъ къ центру, и оно составлено изъ безчисленнаго множества звѣздъ 13-й и 15-й величины: первыя вѣроятно слиты изъ двухъ или болѣе близко сопоставленныхъ звѣздъ послѣдняго разряда. 11-е скопище въ порядкѣ прямыхъ восхожденій ($16^{\text{ч}} 35^{\text{м}}$) также бываетъ видимо въ очень-ясныя ночи невооруженнымъ глазомъ; оно находится между γ и ζ Геркулеса и является въ сильную трубу великолѣпнымъ предметомъ. Оба скопища были найдены Галлеемъ, первое въ 1677, а послѣднее въ 1714 году.

923. Самымъ полнымъ изслѣдованіемъ многообразныхъ подобныхъ предметовъ, означаемыхъ общимъ названіемъ туманностей, мы обязаны Уильяму Гершелю. Онъ раздѣлилъ ихъ на шесть классовъ: I—скопища съ явственно-отличимыми звѣздами, подраздѣляемые на скопища шаровидныя и неправильныя; II—разрѣшимыя туманности, подающія поводъ къ подозрѣнію, что онѣ составлены изъ звѣздъ, и допускающія надежду, что съ увеличиваніемъ оптической силы трубъ онѣ будутъ разложены на отдѣльныя звѣзды; III—собственно такъ-называемыя туманности, не представляющія никакихъ слѣдовъ существованія звѣздъ, и подраздѣляемые на второстепенные разряды, смотря по блеску и величинѣ; IV—планетныя туманности; V—звѣздовидныя туманности; и IV—туманныя звѣзды. Пользуясь огромною силой своихъ телескоповъ, Уильямъ Гершель открылъ множество дотолѣ неизвѣстныхъ предметовъ этого рода и показалъ, что они распределены на небѣ отнюдь не равномерно, но накапливаются съ замѣтнымъ предпочтеніемъ въ странѣ, расположенной надъ сѣвернымъ полюсомъ галактическаго круга, и обнимающей собою созвѣздія Льва, Малаго Льва,

туловище, хвостъ и заднія ноги Большой Медвѣдницы, созвѣздіе Гончихъ Собакъ, Волоса Вереники, западную ногу Пастуха, голову, крылья и плечо Дѣвы. Въ этой странѣ, занимающей восьмую часть всей поверхности сферы, собрана одна треть всѣхъ найденныхъ на небѣ туманностей. Съ другой стороны, онѣ попадаются весьма рѣдко въ созвѣздіяхъ Овна и Тельца, въ головѣ и въ плечахъ Оріона, въ Возничемъ, Персеѣ, Камелopardѣ, Драконѣ и Геркулесѣ, въ сѣверной части Змѣноса, въ хвостѣ Змѣи, въ хвостѣ Орла и во всей Лирѣ. Часы прямого восхожденія 3, 4, 5, 16, 17 и 18 въ сѣверномъ полушаріи, особенно бѣдны, а часы 10, 11 и 12 (преимущественно 12), чрезвычайно богаты подобными предметами. Въ южномъ полушаріи они распределены гораздо равномернѣе, и за исключеніемъ одного или двухъ центровъ накопленія, называемыхъ Магеллановыми Облаками (§ 947), тамъ незамѣтно ихъ предпочтительнаго преобладанія въ той или другой мѣстности.

924. Скопища звѣздъ, какъ мы уже сказали, бываютъ или шаровидныя, или неправильной формы. Последнія, говоря вообще, менѣе богаты звѣздами и не представляютъ такого рѣзкаго сгущенія къ центру. Ихъ очертаніе менѣе опредѣлительно, такъ что часто трудно бываетъ рѣшить гдѣ они оканчиваются, и не должно ли ихъ разсматривать только какъ части неба болѣе богатыхъ звѣздами, нежели окружающія. Большое число ихъ находится въ Млечномъ Пути, или близъ его краевъ. Въ однихъ, всѣ звѣзды почти одинаковой величины, а въ другихъ весьма различны, и нерѣдко яркая красная звѣзда занимаетъ посреди ихъ видное мѣсто. Уильямъ Гершель считаетъ подобныя скопища за шаровидныя, не достигнувшія еще надлежащей степени сгущенія; онъ полагаетъ, что всѣ такія группы, вслѣдствіе взаимнаго притяженія своихъ членовъ, приближаются къ шарообразной формѣ, и собираются въ одно цѣлое изъ всѣхъ окружающихъ странъ неба подъ вліяніемъ такихъ законовъ, которыхъ существованіе обнаруживается намъ только постепенностію переходовъ въ характеръ различныхъ разрядовъ тѣлъ этого рода, такъ что

нельзя опредѣлить, гдѣ именно оканчивается одинъ разрядъ и начинается другой. Къ числу замѣчательнѣйшихъ предметовъ этого класса принадлежитъ скопище, окружающее $\times$ Креста, причисленное Лакалемъ къ порядку туманностей. Оно занимаетъ площадь въ одну 48-ю часть квадратнаго градуса и составлено изъ 110 звѣздъ 7-й и меньшихъ величинъ; изъ нихъ восемь звѣздъ, самыхъ блестящихъ, окрашены разными оттѣнками цвѣтовъ краснаго, зеленаго и голубаго, и придаютъ всей группѣ видъ богатаго убора изъ драгоценныхъ камней.

925. Разрѣшимыя туманности слѣдуетъ разсматривать какъ скопища весьма отдаленныя, или составленныя изъ звѣздъ до того малыхъ, что каждая изъ нихъ не можетъ возбудить впечатлѣнiе въ нашемъ глазѣ своимъ отдѣльнымъ свѣтомъ, и мы усматриваемъ среди ихъ болѣе свѣтлую точку лишь тогда, когда двѣ или три звѣздочки, по близкому между собою разстоянiю, случайно сливаются вмѣстѣ. Вообще почти всѣ онѣ бываютъ круглыя или овальныя; ихъ блѣдныя придатки и неправильности ихъ формы меркнутъ на огромномъ разстоянiи, и мы отличаемъ только общую форму болѣе сгущенной части. Всѣ большія шарообразныя скопища принимаютъ такой видъ въ трубахъ, не довольно сильныхъ для того, чтобъ показывать ихъ хорошо. Отсюда явно слѣдуетъ заключить, что скопища едва разрѣшимыя въ самыя могущественныя трубы, и скопища даже при помощи такихъ снарядовъ не обнаруживающія никакихъ слѣдовъ состава изъ звѣздъ, при дальнѣйшемъ увеличенiи оптической силы, должны вполне разложиться на звѣзды. Великолѣпный отражательный телескопъ лорда Росса, съ зеркаломъ въ шесть футовъ, который разложилъ на звѣзды многія туманности, упорно сопротивлявшiяся менѣе сильнымъ оптическимъ орудiямъ, или обнаружилъ возможность ихъ разложенiя, возводятъ вѣроятность такого предположенiя почти на степень достовѣрности. Всѣ наблюдавшiе этимъ телескопомъ отзываются, что невозможно описать словами великолѣпiя нѣкоторыхъ шаровидныхъ скопищъ, поименованныхъ въ спискѣ § 922.

926. Хотя есть такіа туманности, которыя и въ этомъ могущественномъ телескопѣ удерживаютъ видъ туманности, безъ всякихъ признаковъ разрѣшимости; тѣмъ не менѣе не безъ разумнаго основанія можно сомнѣваться въ существованіи физическаго различія между туманностями и скопищами звѣздъ, особенно по свойству составляющаго ихъ вещества, и предполагать, что туманности легко-разложимыя, едва-разложимыя при помощи лучшихъ трубъ, и вовсе-неразложимыя въ самые сильные телескопы, составляютъ только различныя степени, условливаемыя сравнительною мелко-той составляющихъ ихъ звѣздъ. Галлею и другимъ первымъ изслѣдователямъ туманныхъ предметовъ на небѣ, ихъ особенный видъ, столь отличный отъ рѣзкаго и сосредоточеннаго свѣта простыхъ звѣздъ, казался похожимъ на фосфоричныя пары, напоминающіе собою вещество кометныхъ хвостовъ, или газообразное и такъ-сказать элементарное состояніе звѣзднаго вещества (¹). Допустивъ существованіе подобной среды, иногда разсыянной неправильнымъ образомъ на обширномъ протяженіи пространства, иногда ограниченной болѣе-тѣсными и опредѣленными предѣлами, Уильямъ Гершель пришелъ къ предположенію, что она постепенно сгущается, отъ дѣйствія собственнаго тяготѣнія, въ болѣе и менѣе правильныя сферическія или сфероидальныя формы, и пріобрѣтаетъ возрастающую къ центру плотность, какъ то необходимо должно быть въ подобномъ случаѣ. Соображая, что въ теченіе этого процесса могутъ образоваться частныя центры сгущенія, подчиненныя общему стремленію, онъ предположилъ, что такимъ способомъ возникаютъ твердыя ядра, мѣстное притяженіе которыхъ еще болѣе сгущаетъ и поглощаетъ туманное вещество въ ихъ ближайшемъ сосѣдствѣ и превращаетъ ихъ наконецъ въ звѣзды, такъ что вся туманность принимаетъ окончательно видъ скопища звѣздъ. Во множествѣ туманностей, обнаруженныхъ телескопами У. Гершеля, предъ нашими глазами открываются всѣ степени этого процесса, во

(¹) Галлей, *Philosoph. Trans.*, XXIIX, стр. 390.

всѣхъ разнообразныхъ формахъ, допускающихъ приложеніе общаго начала. Большее или меньшее приближеніе туманности къ состоянію раздробленія на отдѣльныя звѣзды, и болѣе или менѣе плотное распредѣленіе самыхъ звѣздъ вокругъ центральнаго ядра, можетъ поэтому служить признакомъ ея возраста. Всѣ многоразличные виды туманностей не противорѣчатъ такому взгляду. Онъ не теряетъ своей силы даже и въ случаѣ, еслибы мы были принуждены отказаться отъ мысли о туманномъ веществѣ въ состояніи газа, или паровъ. Сгущеніе и происходящее отъ него накопленіе вокругъ центра могутъ дѣйствовать на раздѣльныя тѣла, находящіяся подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія и слабо, или отчасти противодѣйствующей силы верженія, такъ же, какъ и на частицы газообразной жидкости.

927. Такъ-называемая *гипотеза о туманностяхъ и теорія звѣзднаго сгущенія* въ сущности совершенно независимы другъ отъ друга, одна—какъ физическое представленіе процесса, составляющаго часть таинственной цѣпи причинъ и дѣйствій, предшествовавшихъ существованію раздѣльныхъ, самосвѣтящихся и твердыхъ тѣлъ; другая—какъ приложеніе динамическихъ началъ къ причинамъ, конечно весьма сложнаго свойства, но для которыхъ тѣмъ не менѣе можно по крайней мѣрѣ опредѣлить, на основаніи совершенно законныхъ правилъ, возможность или невозможность нѣкоторыхъ общихъ результатовъ. Среди множества твердыхъ тѣлъ всякаго размѣра, оживленныхъ независимыми и частію противоположными силами, противоположныя движенія должны причинять столкновеніе, уничтоженіе скорости и паденіе, или чрезмѣрное приближеніе къ центру преобладающаго тяготѣнія; между тѣмъ какъ тѣла, повинующіяся согласно направленнымъ силамъ, и противостояшія подобнымъ столкновеніямъ, должны наконецъ придти въ обращеніе, неизмѣнное по своему характеру. Каковы бы ни были наши понятія о такихъ столкновеніяхъ, какъ событіяхъ, подобное предположеніе не заключаетъ въ себѣ ничего противнаго здравымъ началамъ механики. Вспомнимъ, что видимое центральное сгущеніе во

множествѣ отдѣльныхъ движущихся тѣлъ отнюдь не условливаетъ постоянной близости каждаго тѣла къ центру: такъ напримѣръ по толпѣ, обыкновенно наполняющей рынокъ, часто посѣщаемый большею частію жителей города, нельзя заключить, чтобы люди жили на этой площади. Существованіе скопищъ со скученными около центра звѣздами не подлежитъ сомнѣнію, и потому условія ихъ существованія должны быть динамически возможны, а сказанное выше можетъ служить по крайней мѣрѣ намекомъ на способъ осуществленія этой возможности. Истинныя разстоянія между звѣздами, даже едва отличаемыми нами въ наиболѣе-скученныхъ частяхъ разрѣшимыхъ туманностей, должны быть огромны. Легко представить себѣ, что въ теченіе неопредѣленнаго ряда вѣковъ можетъ не случиться ни одного пагубнаго столкновенія. Такіе случаи должны были вѣроятно повторяться рѣже по мѣрѣ развитія системы изъ хаотическаго состоянія, и наконецъ, когда свершилось время, каждое тѣло, по назначенію управляющаго всею вселенной Промысла, пошло по такому пути, на которомъ исчезаетъ всякая возможность пагубнаго столкновенія.

928. Но возвратимся изъ области умозрѣній къ описанію фактовъ. По правильности формъ эллиптическія туманности, болѣе или менѣе вытянутыя, всего ближе подходятъ къ шаровиднымъ скопищамъ, которыя послужили намъ поводомъ къ предшествовавшимъ соображеніямъ. Вообще нужно замѣтить, что такія туманности по большей части несравненно труднѣе разлагаются на звѣзды, чѣмъ шаровидныя, и это обстоятельство вѣроятно состоитъ въ весьма-тѣсной связи съ динамическими условіями ихъ существованія. Онѣ представляютъ всѣ Степени эксцентрицитета, отъ умѣренныхъ оваловъ до эллипсисовъ, вытянутыхъ почти въ прямую линію, подъ видомъ которой намъ безъ сомнѣнія показываются сильно сплюснутые эллипсоиды, наблюдаемые въ ребро. Во всѣхъ предметахъ этого рода плотность возрастаетъ къ центру, и, судя по телескопическому виду, можно принять для нихъ общимъ закономъ, что ихъ внутренніе слои болѣе приближаются къ сферической формѣ, чѣмъ на-

ружные. Ихъ центральныя части разлагаются удобнѣе, быть-можетъ потому, что центральныя звѣзды дѣйствительно крупнѣе, или потому, что здѣсь чаще встрѣчаются случаи тѣснаго сближенія, такъ что двѣ или три звѣздочки кажутся вмѣстѣ одною звѣздой. Въ однѣхъ туманностяхъ этого рода сгущеніе слабо и постепенно, въ другихъ сильно и внезапно, до того внезапно, что нѣкоторыя изъ нихъ принимаютъ видъ сумрачной и тусклой звѣзды, плавающей среди блѣдной и почти равномерной эллиптической туманности, чему можно видѣть два замѣчательныхъ образца подъ прям. восх. $12^{\text{ч}} 10^{\text{м}} 33^{\text{с}}$, сѣв. скл. $48^{\circ} 14'$, и прям. восх. $13^{\text{ч}} 27^{\text{м}} 28^{\text{с}}$, южн. скл. $29^{\circ} 0'$ (1830 г.).

929. Самые большіе и лучшіе образцы эллиптическихъ туманностей находятся на небѣ въ поясѣ Андромеды, около звѣзды γ этого созвѣздія и подъ прям. восхож. $0^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 12^{\text{с}}$ и южн. скл. $26^{\circ} 13'$: послѣдняя была открыта миссъ Каролиною Гершель въ 1783 г. Туманность въ Андромедѣ (таб. II, фиг. 3) видна простымъ глазомъ и часто принимается за комету людьми незнакомыми съ небомъ. Она, кажется, была усмотрѣна въ овальномъ видѣ еще въ 995 г.; Симонъ Марій, замѣтившій ее въ 1612 г., описываетъ ее, довольно сходно, какъ пламя свѣчи, разсматриваемое сквозь роговую пластинку. Въ обыкновенныя трубы она кажется довольно длиннымъ оваломъ; свѣтъ ея нечувствительно возрастаетъ, сперва очень постепенно, но потомъ быстрѣе отъ краевъ до центральной точки, которая гораздо ярче всѣхъ прочихъ частей, но рѣшительно не есть звѣзда, а такая же туманность, какъ и все остальное, только въ чрезвычайно-сгущенномъ состояніи. По этой туманности разбѣяны случайныя звѣзды, но 18-ти-дюймовой рефлекторъ не обнаруживаетъ никакихъ поводовъ къ подозрѣнію, что она составлена изъ звѣздъ. Болѣе могущественные снаряды открываютъ однако несомнѣнные признаки ея разложимости на звѣзды. По описанію и изображенію Бонда, помощника на кэмбриджской обсерваторіи въ Соединенныхъ Штатахъ, она имѣетъ около $2\frac{1}{2}^{\circ}$ въ длину и болѣе градуса въ ширину (такъ что обнимаетъ собою двѣ другія меньшія соприлежащія туманности); форма

ея вообще овальная, но съ замѣчательно-выступающею неправильностію на сѣверовосточномъ концѣ; свѣтъ ея весьма быстро сгущается около ядра и доходитъ почти до яркости звѣзды; сама туманность хотя и не распадается явственно на звѣзды, но обильно усѣяна мелкими звѣздочками, столь многочисленными, что на богатѣйшихъ частяхъ ихъ можно насчитать до 200 въ полѣ зрѣнія діаметромъ въ 20'. Самую любопытную черту въ этомъ описаніи составляютъ двѣ совершенно прамыя, и сравнительно или совсѣмъ темныя полосы, которыя тянутся съ одной стороны туманности чуть не во всю ея длину, почти параллельно ея длинной оси, хотя нѣсколько и расходятся между собою. Эти полосы, очевидно означающія слоистое строеніе туманности, если только онѣ не возникаютъ отъ не совсѣмъ-прозрачнаго вещества, помѣщенного между нею и нашимъ глазомъ, при бѣгломъ обзорѣ туманности вообще не замѣтны; потребно особенное вниманіе, чтобы отличить ихъ ⁽¹⁾, и это обстоятельство нужно помнить, смотря на удивительный рисунокъ, приложенный къ описанію Бонда. Наше изображеніе на таб. II, фиг. 3, снято съ сдѣланнаго наскоро очерка и не совсѣмъ точно. Другой, еще гораздо болѣе разительный нежели замѣченный здѣсь Бондомъ примѣръ параллельнаго строенія представляется намъ въ двухъ полу-овалахъ эллиптической туманности, находящейся въ южномъ полушаріи, подъ прям. восх. $13^{\circ} 15' 31''$ и южн. склон. $42^{\circ} 8'$ (1830 г.); она какъ бы перерѣзана широкою темною полосой, параллельною длинной оси, и среди ея тянется узкая нить свѣта, параллельная сторонамъ разрѣза. Подобныя черты можно видѣть также въ туманностяхъ подъ пр. восх. $12^{\circ} 27' 3''$, сѣв. скл. $26^{\circ} 55'$, и подъ прам. восх. $12^{\circ} 31' 11''$, южн. скл. $10^{\circ} 40'$.

930. Кольцеобразныя туманности принадлежатъ къ числу весьма рѣдкихъ на небѣ предметовъ. Самая видная изъ нихъ лежитъ на срединѣ разстоянія между β и γ Лиры, и можетъ быть отличена въ посредственную трубу. Она

(1) Бондъ, Описаніе туманности въ Андромедѣ. *Transac. American. Acad.* Т. III, стр. 80.

мала, но такъ рѣзко ограничена, что походить болѣе на плоское овальное твердое кольцо, чѣмъ на туманность. Оси эллипсиса относятся между собою какъ 4 къ 5, и протѣтъ занимаетъ немного болѣе половины діаметра. Срединная пустота не совсѣмъ черна, но наполнена блѣдною туманностію, какъ бы натянутою на обручъ дымкой. Въ могущественномъ телескопѣ Росса этотъ предметъ распадается на чрезвычайно-мелкія звѣзды, и замѣтны нити звѣздъ, примыкающія къ его краямъ.

Вотъ положенія (для 1830 г.) извѣстныхъ доселѣ кольцеобразныхъ туманностей:

Прям. восх.	Разст. отъ сѣв. пол.
1. $17^{\text{ч}} 10^{\text{м}} 39^{\text{с}}$	$128^{\circ} 18'$
2. 17 19 2	113 37
3. 18 47 13	57 11
4. 20 9 33	59 57

931. Планетныя туманности чрезвычайно замѣчательны. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, онѣ, какъ показываетъ ихъ названіе, совершенно сходны съ планетами и представляютъ собою круглые, или слегка овальные диски, рѣзко ограниченные у однихъ, а у другихъ немного туманные и размытые на краяхъ. Свѣтъ однихъ совершенно ровный, свѣтъ другихъ точечный и весьма особеннаго свойства, какъ бы клочковатый. На небѣ такіе предметы довольно рѣдки, доселѣ открыто ихъ не болѣе двадцати четырехъ или двадцати пяти, и три четверти изъ нихъ лежатъ въ южномъ полушаріи. Прилагаемъ положеніе (на 1830 г.) двѣнадцати самыхъ замѣчательныхъ планетныхъ туманностей:

Прямое восхожденіе.	Разст. отъ сѣв. полюса.	Прямое восхожденіе.	Разст. отъ сѣв. полюса.
1. $7^{\text{ч}} 34^{\text{м}} 2^{\text{с}}$	$104^{\circ} 20'$	7. $15^{\text{ч}} 5^{\text{м}} 18^{\text{с}}$	$135^{\circ} 1'$
2. 9 16 39	147 35	8. 19 10 9	83 46
3. 9 59 52	129 36	9. 19 34 21	104 33
4. 10 16 36	107 47	10. 19 40 19	39 54
5. 11 4 49	34 4	11. 20 54 53	102 2
6. 11 41 56	146 14	12 23 17 44	48 24

Изъ нихъ особенно любопытна 6-я, находящаяся въ созвѣздіи Креста. Свѣтъ этой туманности равенъ свѣту звѣзды 6,7 величины, она имѣетъ въ діаметрѣ около 12", и дискъ ея круглый, или едва эллиптическій, съ рѣзко-очерченными краями, совершенно схожій съ дискомъ планеты, за исключеніемъ только цвѣта, который у ней ярко голубой, слегка переходящій въ зеленоватый. Довольно замѣчательно, что явленіе голубаго цвѣта, столь рѣдкаго въ звѣздахъ (исключая случаи близкаго соедѣства желтой звѣзды), встрѣчается, хотя и менѣе рѣзко, еще въ трехъ предметахъ этого разряда, а именно въ н^о 4, небесно-голубаго цвѣта, и въ н^о 11 и 12, хотя и болѣе блѣднаго, но замѣтно-голубаго оттѣнка. Туманности 2, 7, 9 и 12 принадлежать также къ числу весьма характеристическихъ предметовъ этого рода. Диски н^о 3, 4 и 11 замѣтно эллиптическіе и имѣютъ соответственно 38", 30" и 15" въ діаметрѣ; н^о 11 лежитъ на параллели γ Водолея, и предшествуетъ этой звѣздѣ на 5^м по прям. восх. Въ центрѣ эллиптическаго диска туманности н^о 3 находится звѣзда 9-й величины; свѣтъ ея бархатистый, какъ бы составленный изъ мелкой пыли, что ясно означаетъ ея разложимость на звѣзды. Самая большая планетная туманность, н^о 5, лежитъ немного южнѣе параллели β Большой Медвѣдицы, и слѣдуетъ по прям. восх. черезъ 12^м послѣ этой звѣзды. Видимый діаметръ ея равняется 2' 40"; если мы предположимъ, что она отстоитъ отъ насъ не далѣе 61-й Лебеда, то ея линейный размѣръ долженъ превышать по крайней мѣрѣ въ семь разъ діаметръ орбиты Нептуна. Свѣтъ этого громаднаго шара замѣчательно яркъ и совершенно равномеренъ, исключая самые края, гдѣ онъ нѣсколько слабѣе. Шаровидное пространство, равномерно наполненное звѣздами или свѣтоноснымъ веществомъ, не могло бы являться намъ въ такомъ видѣ, ибо при подобномъ устройствѣ видимый блескъ долженъ необходимо увеличиваться къ центру, пропорціонально толщинѣ, проникаемой лучомъ зрѣнія. Поэтому мы имѣемъ поводъ заключить, что это тѣло есть или полая сферическая оболочка, или плоскій дискъ, расположенный въ плоскости, перпендикулярной къ лучу зрѣнія (совпаденіе крайне невѣроятное).

932. Каковы бы ни были наши понятія объ истинной природѣ подобнаго тѣла, или планетныхъ туманностей вообще, которыя всѣ безъ исключенія не обнаруживаютъ центрального сгущенія, ясно, что собственный блескъ ихъ поверхностей, если послѣднія *непрерывны*, долженъ быть почти безконечно слабѣ блеска Солнца. Круглая часть солнечнаго диска, діаметромъ въ $1'$, имѣла бы блескъ 780 полныхъ лунъ, между тѣмъ какъ всѣ предметы этого рода невидимы простымъ глазомъ. Араго высказалъ предположеніе, что эти тѣла можетъ-быть не иное что какъ оболочки, сіяющія отраженнымъ свѣтомъ отъ солнца, помѣщенного въ ихъ центрѣ и невидимаго намъ по причинѣ чрезмѣрнаго разстоянія; парадоксальность подобнаго объясненія онъ устранилъ, или пытался устранить тѣмъ оптическимъ началомъ, по которому освѣщенная поверхность одинаково ярка при всякомъ разстояніи и потому можетъ быть всюду видима, если только занимаетъ собою измѣримый уголъ, между тѣмъ какъ дѣйствіе на нашъ глазъ свѣта центрального тѣла, не покрывающаго собою такого угла, уменьшается въ обратномъ отношеніи квадратовъ разстояній (¹). Огромная оптическая сила, приложенная лордомъ Россомъ къ изслѣдованію этихъ загадочныхъ предметовъ, только сгустила простертую надъ ними завѣсу таинственности, обнаруживъ во многихъ изъ нихъ странныя черты строенія самаго удивительнаго свойства (²).

(1) При всемъ уваженіи къ столь-великому авторитету, мы не можемъ согласиться съ такимъ заключеніемъ. Если мы даже допустимъ, что оболочка отражаетъ и разсѣиваетъ, равно во всѣхъ направленіяхъ, весь свѣтъ центрального солнца, то часть разсѣяннаго такимъ образомъ свѣта, достигающагося на нашу долю, во всякомъ случаѣ не могла бы быть болѣе свѣта, прямо доходящаго до насъ отъ солнца. Но послѣдній, по предположенію, такъ слабъ, что, будучи сосредоточенъ въ одной точкѣ, не можетъ возбудить ощущенія свѣта въ нашемъ глазѣ; какъ же можетъ онъ сдѣлаться замѣтнымъ, будучи разсѣянъ на поверхности, превосходящей въ нѣсколько миллионъ разъ своею угловою площадью видимый дискъ самого центрального солнца? (См. *Annuaire du Bureau des Longitudes* 1842 г., стр. 409, 410, 411.)

(2) Смотри рисунки, приложенные къ его запискѣ въ *Philosoph. Transact.* 1850 года.

933. Попадаются и двойныя туманности; члены ихъ обыкновенно принадлежать къ разряду сферическиххъ туманностей, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ явно относятся къ классу шаровидныхъ скопищъ. Все замѣчаемое нами въ двойныхъ звѣздахъ разнообразіе касательно разстоянія, положенія и относительнаго блеска, повторяется соотвѣтственно и въ двойныхъ туманностяхъ; сверхъ того, многоразличныя виды измѣненія формы и постепенности свѣта служатъ въ предметахъ этого рода источникомъ особыхъ сочетаній. Разсматривая такія туманности или ихъ изображенія (¹), нельзя сомнѣваться въ существованіи физической связи между ихъ членами, хотя рѣшительное тому доказательство, заключающееся въ обнаруженіи относительнаго движенія, до сихъ поръ еще не найдено и, по причинѣ обширныхъ размѣровъ подобныхъ системъ и вѣроятной чрезвычайной медленности углового движенія, еще можетъ быть долго не будетъ открыто. Заключение, основанное на малочисленности этихъ предметовъ сравнительно съ пространствомъ всего неба, столь убѣдительно въ случаѣ двойныхъ звѣздъ, говоритъ несравненно рѣшительнѣе въ пользу подобныхъ сочетаній. Нельзя вообразить себѣ что-либо болѣе великолѣпное для созерцанія. Размѣры двойныхъ туманностей такъ огромны, составляющіе ихъ члены такъ многочисленны, многія изъ нихъ отличаются такою симметрией и правильностію, въ устройствѣ ихъ замѣтно такое полное пренебреженіе къ сложности, возникающей при нагроможденіи системы на систему, конструкціи на конструкцію, что мы теряемся въ удивленіи предъ могуществомъ неисповѣднаго Промысла.

934. Туманности правильной формы имѣютъ замѣчательное и симметрическое соотношеніе какъ съ простыми, такъ и съ двойными звѣздами. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ неба мы усматриваемъ прекрасное и поразительное явленіе въ рѣзко-очерченныхъ и блестящихъ звѣздахъ, concentрически окруженныхъ совершенно круглымъ дискомъ или атмо-

(¹) *Philosoph. Trans.* 1833 г., табл. VII.

сферой изъ блѣднаго свѣта, который у однихъ нечувствительно меркнетъ во всѣ стороны, а у другихъ обрѣзывается почти внезапно. Такія звѣзды называются *туманными*. Прекрасные примѣры этого рода представляютъ намъ 45-я и 69-я туманности, причисленныя Упльямомъ Гершелемъ къ четвертому классу ⁽¹⁾ (прям. восх. $7^{\text{ч}} 19^{\text{м}} 8^{\text{с}}$, сѣв. скл. $21^{\circ} 15'$, и прям. восх. $3^{\text{ч}} 58^{\text{м}} 36^{\text{с}}$, сѣв. скл. $30^{\circ} 20'$), въ которыхъ звѣзды 8-й величины окружены вышеописанными фотосферами, имѣющими соответственно въ діаметрѣ $12''$ и $25''$. Между звѣздами большей величины, то же явление обнаруживается въ 55-й Андромеды и 8-й Гончихъ Собакъ, можетъ-быть еще ярче, но не съ такою совершенною правильностію.

935. Во многихъ случаяхъ связь туманностей съ звѣздами чрезвычайно замѣчательна. Такъ напримѣръ подъ прям. восх. $18^{\text{ч}} 7^{\text{м}} 1^{\text{с}}$ и южн. скл. $19^{\circ} 56'$, находится эллиптическая туманность съ большою осью въ $50''$, въ которой, немного ближе къ вершинамъ чѣмъ фокусы эллипсиса, помѣщаются равные члены двойной звѣзды, 10-й величины каждый. Въ другомъ подобномъ сочетаніи, указанномъ Струве (прям. восх. $18^{\text{ч}} 25^{\text{м}}$, сѣв. скл. $64^{\circ} 53'$), обѣ звѣзды неравны и расположены на самыхъ концахъ большой осп. Подъ прям. восх. въ $13^{\text{ч}} 47^{\text{м}} 33^{\text{с}}$ и южн. скл. въ $39^{\circ} 9'$ есть овальная туманность, діаметромъ въ $2'$, близъ самага центра которой имѣется двойная звѣзда, съ не совсѣмъ-равными, но весьма близкими другъ къ другу членами 9, 10 величины, отстоящими между собою не болѣе чѣмъ на $2''$. Сильно подозрѣваютъ, что ядро 64-й туманности Мессье есть

(1) Классы, на которые здѣсь дѣлается ссылка, не одинаковы съ упомянутыми въ § 923, но обозначаютъ тѣ восемь разрядовъ, на которые У. Гершель первоначально распредѣлилъ всѣ туманности, основываясь на блескѣ, величинѣ, плотности скучиванія и проч. Классъ I содержитъ въ себѣ блестящія туманности; II — блѣдныя; III — весьма блѣдныя, IV — планетныя туманности, звѣзды въ туманной полосѣ, окруженныя млечною туманностію, короткими лучами и вообще особеннаго вида; V — обширныя туманности; VI — весьма скученныя и богатыя скопича; VII — плотныя скопича; VIII — скопича не тѣсно сжатые.

очень сжатая двойная звѣзда. Можно привести еще много другихъ примѣровъ.

936. Между туманностями, болѣе уклоняющимися своею формою отъ симметріи, но не лишенными нѣкоторой правильности въ своей фигурѣ, которыя, очевидно, можно разсматривать какъ системы опредѣленнаго свойства, не смотря на таинственность ихъ устройства и назначенія, особенно замѣчательны туманности 27-я и 51-я по каталогу Мессье (¹). Онѣ составляютъ собою двѣ круглыя, нѣсколько овальныя туманныя массы, соединенныя вмѣстѣ короткою шейкой, почти равной съ ними плотности. Последняя, вмѣстѣ съ обѣими массами, заключена въ болѣе-блѣдной туманной оболочкѣ, придающей всей фигурѣ овальную форму, на меньшей оси которой расположены обѣ массы и соединяющая ихъ шейка. Въ 18-тидюймовомъ рефлекторѣ форма кажется замѣчательно правильною; и хотя мѣстами видны разбѣянные по ней звѣзды, но туманность не разлагается. Лордъ Россъ, наблюдая ее въ рефлекторѣ съ вдвое-болѣе-большимъ отверстіемъ, нашелъ, что она распадается на многочисленныя звѣздочки, перемѣшанныя съ значительною туманностію; симметрія формы, отъ подробностей, которыя при болѣе, слабomъ увеличеніи видѣть нельзя, значительно утратилась, но осталась однако замѣтною.

937. 51-я туманность Мессье, наблюдаемая 18-тидюймовымъ рефлекторомъ, представляется въ видѣ большой и свѣтлой шаровидной туманности, окруженной кольцомъ; послѣднее значительно удалено отъ шара, составлено изъ частей весьма различнаго блеска, и раздѣлено, на протяженіи почти двухъ пятыхъ своей окружности, на два пласта, изъ которыхъ одинъ какъ будто сворачиваетъ съ общей плоскости кольца и направляется къ нашему глазу. Близъ нея, въ разстояніи почти равномъ радіусу кольца, находится другая, маленькая, круглая и свѣтлая туманность. Въ 6-ти-футовомъ рефлекторѣ лорда Росса видъ значительно измѣняется.

(¹) Положеніе ихъ слѣдующее: прям. восх. $19^{\text{h}}52'12''$, сѣв. скл. $22^{\circ}16'$, и
 прям. восх. $13^{\text{h}}22^{\text{m}}39^{\text{s}}$, сѣв. скл. $48^{\circ}4'$ (1830 г.).

Внутренняя или совращенная, какъ казалось, часть кольца является туманностію, направленною спиральными оборотами къ центру, и въ туманныхъ полосахъ, связывающихъ кольцо съ центральною массою, которая при этомъ увеличиваніи дѣлается замѣтною, обнаруживается общее стремленіе къ спиральному строенію, весьма поразительнаго вида. Внѣшняя туманность соединяется съ кольцомъ узкою закрученною полоскою туманнаго свѣта, и вся масса, хотя и не распадается явственно на звѣзды, представляетъ тѣмъ не менѣе очевидные признаки разложимости. (См. таб. VI, фиг. 3.) Еще болѣе рѣзкое спиральное строеніе открыто лордомъ Россомъ въ 99-й туманности Мессье.

938. Переходимъ къ разряду туманностей совершенно отличнаго характера. Онѣ очень обширны, и форма ихъ не только лишена всякой симметріи, но, напротивъ того, неправильна и представляетъ самые своенравные извороты очертанія и столь же неправильное распредѣленіе свѣта. Нѣтъ двухъ туманностей этого рода сколько-нибудь схожихъ между собою по формѣ или по виду, но всѣ онѣ имѣютъ одну важную общую черту. Всѣ онѣ помѣщаются или на самомъ Млечномъ Пути, или въ близкомъ разстояніи отъ его краевъ. Самая отдаленная находится въ рукояти меча Оріона, въ разстояніи 20° отъ галактическаго круга, и въ разстояніи 15° отъ видимаго края Млечнаго Пути, и составляетъ собою исключеніе, хотя и не очень поразительное. Но это положеніе служитъ подтвержденіемъ общаго взгляда на начало ихъ распредѣленія, ибо означенное положеніе находится на продолженіи блѣднаго отростка Млечнаго Пути (описаннаго въ § 842), идущаго отъ α и ϵ Персея къ Альдебарану и Гіадамъ, и лежитъ въ поясѣ большихъ звѣздъ, рассматриваемыхъ въ § 840 какъ принадлежность этого слоя, и вѣроятно состоящихъ съ нимъ въ связи.

939 Отсюда слѣдуетъ повидимому заключить, что эти туманности должно рассматривать какъ внѣшніе, весьма отдаленные и какъ бы оторванные обломки обширнаго слоя Млечнаго Пути. Этотъ взглядъ на предметъ пріобрѣтаетъ

новую силу, когда мы, составивъ карту, замѣтимъ, что всѣ ихъ можно совокупить въ четыре большія массы, или туманные страны, въ Оріонѣ, въ Аргосѣ, въ Стрѣльцѣ и въ Лебедѣ. Такимъ образомъ, по наведенію, мы можемъ составить себѣ нѣкоторое понятіе о строеніи самаго Млечнаго Пути, который, еслибы мы могли его разсматривать въ цѣломъ, на разстояніи, раздѣляющемъ насъ отъ этихъ предметовъ, вѣроятно представился бы намъ въ столь же сложномъ и неправильномъ видѣ.

940. Большая туманность, окружающая звѣзду θ_1 въ рукояти меча Оріона, была открыта Гюйгенсомъ въ 1656 году, и съ того времени неоднократно изображаема и описываема многими астрономами. Ея видъ, равно какъ и видъ всѣхъ вообще туманныхъ предметовъ, смотря по оптической силѣ трубы, чрезвычайно измѣняется, такъ что трудно узнать ея изображенія, снятыя при помощи различныхъ телескоповъ, не только въ подробностяхъ, но даже и въ главныхъ чертахъ. Покуда въ этомъ не увѣрились, предполагали, что, со времени ея открытія, она существенно измѣнилась, какъ въ формѣ, такъ и въ протяженіи. Теперь не остается сомнѣнія, что предполагаемая измѣненія произошли частію отъ вышеозначенной причины, частію отъ затрудненій, встрѣчаемыхъ при рисованіи, а особенно при гравированіи подобныхъ предметовъ, частію отъ неискусства, съ которымъ первые наблюдатели изображали то, что они дѣйствительно видѣли. Нашъ рисунокъ (таб. IV, фиг. 1) снятъ съ большаго изображенія, составленнаго при весьма-благопріятныхъ обстоятельствахъ, по рисункамъ, сдѣланнымъ при помощи 18-ти-дюймоваго рефлектора, на мысѣ Доброй Надежды, гдѣ эта туманность поднимается на большую полуденную высоту чѣмъ въ Европѣ. Она занимаетъ собою площадь въ одну 25-ю часть квадратнаго градуса, и простирается, по прямому восхожденію горизонтально, на $2''$ времени, или почти $30'$ дуги (ибо она находится въ очень-близкомъ разстояніи отъ экватора) и на $24'$ по склоненію, вертикально. На рисункѣ туманность представлена въ извращенномъ видѣ,

сѣверный край изображенъ внизу, а западный съ лѣвой стороны. По формѣ, самыя свѣтлыя части ея представляютъ нѣкоторое сходство съ раскрытою пастью чудовищнаго животного, оканчивающеюся какъ бы хоботомъ. По ней разсѣяно много звѣздъ, по большей части не состоящихъ, какъ кажется, съ нею въ связи, и замѣчательная шестерная звѣзда θ_1 Оріона, о которой мы уже говорили (§ 892), занимаетъ въ ней видное мѣсто близъ самой яркой части, почти на краю разпнутой пасти. Замѣчательно, что среди трапеціи нѣтъ туманности. Менѣе свѣтлыя и облачныя части имѣютъ общій видъ неразрѣшимыхъ туманностей, но болѣе яркая часть, непосредственно примыкающая къ трапеціи, и образующая собою какъ бы квадратный лобъ головы, разлагается въ 18-ти-дюймовомъ рефлекторѣ на такія массы (весьма несовершенно представленныя на рисункѣ), которыхъ точечный свѣтъ ясно обозначаетъ своимъ зернистымъ видомъ составъ изъ звѣздъ, и которыя, при помощи большой силы рефлектора лорда Росса, или превосходной ясности ахроматическаго рефрактора кэмбриджской обсерваторіи въ Соединенныхъ Штатахъ, явственно распадаются на скученныя звѣзды. Поэтому почти нельзя сомнѣваться въ томъ, что вся туманность состоитъ изъ звѣздъ, столь малыхъ, что ихъ нельзя отличить отдѣльно даже въ столь-могущественныя орудія, и являющихся въ видѣ свѣтлыхъ точекъ лишь тамъ, гдѣ онѣ тѣсно сближаются въ болѣе-скученныхъ мѣстахъ, какъ то уже неоднократно было объясняемо прежде.

941. Туманность не ограничивается предѣлами нашего рисунка. На 33' сѣвернѣе звѣзды θ_1 лежатъ двѣ звѣзды, C_1 и C_2 Оріона, окруженныя свѣтлою и вѣтвистою туманностію странной формы, а къ югу отъ нея лежитъ ϵ Оріона, также покрытая сильною туманностію. Тщательное изслѣдованіе, сдѣланное могущественными телескопами, показало, что туманный свѣтъ тянется непрерывно отъ большой туманности до этихъ двухъ предметовъ, и почти нѣтъ сомнѣнія, что туманная область продолжается къ сѣверу до звѣзды ϵ въ поясѣ Оріона, окруженной вмѣстѣ со многими

сосѣдними мелкими звѣздочками спльною туманностію. Профессоръ Бондъ издалъ прекрасный рисунокъ большой туманности въ III томѣ новой серіи *Трансакцій Американской Академіи Наукъ и Искусствъ*.

942. Мы уже говорили о замѣчательномъ измѣненіи блеска γ Аргоса. Звѣзда эта находится среди самой густой части весьма обширной туманности, или собранія туманныхъ массъ, полосъ и вѣтвей, которыхъ часть представлена на фиг. 2 табл. IV. Вся туманность занимаетъ собою не менѣе цѣлаго квадратнаго градуса; на рисунокѣ изображена въ превратномъ видѣ, — сѣверный край внизу, а западный на правой сторонѣ, — только четвертая часть ея, $28'$ по склоненію и $32'$ по прямому восхожденію; остальные части блѣднѣе, но расположеніе ихъ еще извилистѣе. 18-ти-дюймовой рефлекторъ не обнаруживаетъ никакихъ признаковъ разложенія этого страннаго предмета на звѣзды; даже въ самыхъ свѣтлыхъ и густыхъ мѣстахъ, прилежащихъ къ странной овальной пустотѣ въ среднѣй фигурѣ, не замѣтно того комковатаго вида, или слѣдовъ той способности разбиться на яркіе ключья съ промежуточными темными прогалинами, которая характеризуетъ туманность Оріона и обозначаетъ ея разложимость. Вся туманность находится въ весьма-богатой и блестящей части Млечнаго Пути, такъ густо усеѣянной звѣздами (оцущенными на рисунокѣ), что на площади, занимаемой туманностью, насчитано и опредѣлено положеніе по прямому восхожденію и склоненію не менѣе 1200 звѣздъ. Но ясно, что послѣднія не имѣютъ связи съ туманностью и принадлежатъ къ покрывающему ее пласту Млечнаго Пути, который въ этомъ мѣстѣ, на протяженіи двухъ часовъ по прямому восхожденію, содержитъ не менѣе 3138 звѣздъ въ квадратномъ градусѣ. Всѣ онѣ представляются совершенно раздѣльными и, за исключеніемъ части, занимаемой разсматриваемымъ нами предметомъ, пролагаются на совершенно-черное небо, безъ примѣси какой-либо туманности. Это обстоятельство невольнo приводитъ насъ къ заключенію, что наше зрѣніе проникаетъ здѣсь далеко за предѣлы Млечнаго Пути, сквозь без-

звѣздныя страны, и углубляется въ пространство совершенно отдѣленное отъ нашей системы. Не легко выразить словами какъ прекрасно и великолѣпно ощущеніе наблюдателя при видѣ этой туманности, когда она приводится суточнымъ движеніемъ въ поле зрѣнія неподвижнаго по прямому восхожденію телескопа, предшествуемая несмѣтнымъ полчищемъ звѣздъ, въ такой части неба, которая сама по себѣ чрезвычайно любопытна. Другая свѣтлая туманность, весьма замѣчательной формы и значительной величины, близко предшествуетъ ей въ той же параллели, но между ними незамѣтно никакой связи.

943. Туманная группа въ Стрѣльцѣ состоитъ изъ нѣсколькихъ видныхъ туманностей (¹) самой удивительной формы, которую невозможно описать словами. Одна изъ нихъ (*h*, 1991) (²), страннымъ образомъ раздѣленная на три вѣтви, составлена изъ трехъ неправильныхъ туманныхъ массъ, которыя кнаружи нечувствительно меркнутъ, а ко внутреннимъ краямъ пріобрѣтаютъ сильный блескъ и окружаютъ собою родъ трезубчатой трещины или прогалины, обрывисто и неуклюже закривленной, и совершенно лишенной всякаго туманнаго свѣта. Прекрасная тройная звѣзда лежитъ на самомъ краю одной изъ этихъ туманныхъ массъ, въ самомъ томъ мѣстѣ, гдѣ внутренняя густота расходится на два рукава. Четвертая туманная масса выходитъ на подобіе вѣера или пушистаго пера, изъ звѣзды, находящейся въ маломъ разстояніи отъ тройной туманности.

944. Почти рядомъ съ послѣднею туманностью и, безъ сомнѣнія, въ связи съ нею, хотя эта связь до сихъ поръ

(1) Подъ прим. восход. $17^{\text{ч}} 52^{\text{м}}$ и южн. скл. $23^{\circ} 1'$ находятся четыре туманности, № 41 четвертаго Гершелева класса и №№ 1, 2, 3, пятаго класса, которыя соединяются въ одну составную туманность. Подъ прим. восх. $17^{\text{ч}} 53^{\text{м}} 27^{\text{с}}$ и южн. скл. $24^{\circ} 21'$ находится 8-я, а подъ прим. восх. $18^{\text{ч}} 11^{\text{м}}$ и южн. склон. $16^{\circ} 15'$, 17-я туманность по каталогу Мессье.

(2) Это число относится къ каталогу туманностей, помѣщенному въ *Philosoph. Transact.* за 1833 годъ. Читатель найдетъ изображенія многихъ туманностей этой группы въ означенномъ томѣ, таб. IV, фиг. 35, въ *Results of Observations at the Cape of Good Hope* автора, табл. I, фиг. 1 и таб. II фиг. 1 и 2, и въ запискѣ Масона въ *Актахъ американскаго философскаго общества*, т. VII, стат. XIII.

еще не открыта, находится 8-я туманность каталога Мессье. Это есть собраніе туманныхъ извилинъ и массъ, окружающихъ собою, или заключающихъ въ себѣ многія овальныя черныя прогалыны. Въ одномъ мѣстѣ туманность сгущается до такой степени, что представляетъ собою видъ продолговатаго ядра. Надъ этою туманностью помѣщается прекрасное и богатое скопище разбросанныхъ звѣздъ, которое въ одномъ направленіи переступаетъ за ея края, и повидимому не имѣетъ съ нею связи, потому что въ самой туманности незамѣтно стремленія къ сгущенію вокругъ звѣздъ, какъ то обнаруживается въ туманности Оріона.

945. Къ этой же группѣ принадлежитъ 19-я туманность каталога Мессье, хотя она и удалена отъ прочихъ на нѣсколько градусовъ. Форма ея весьма замѣчательна: она составлена изъ двухъ петель, на подобіе заглавной греческой буквы Ω ; одна изъ нихъ свѣтлая, а другая чрезвычайно блѣдная, и обѣ соединены при основаніи широкою и свѣтлою туманною полосой, внутри которой находится отдѣленный сравнительно-темною узкою каймой свѣтлый разложимый узелъ, состоящій вѣроятно изъ скопища чрезвычайно мелкихъ звѣздочекъ. Весьма блѣдная круглая туманность находится въ связи съ верхнею или выпуклою частію свѣтлой петли.

946. Туманная группа въ Лебедѣ состоитъ изъ многихъ большихъ и неправильныхъ туманностей, изъ нихъ одна проходитъ чрезъ двойную звѣзду k Лебеда и имѣетъ видъ длинной, закрученной и узкой полосы, которая раздвояется въ двухъ или трехъ мѣстахъ. Другія ⁽¹⁾ были наблюдаемы Уильямомъ Гершелемъ и авторомъ этой книги какъ отдѣльныя туманности, но Масонъ открылъ ихъ связь и показалъ, что онѣ составляютъ часть любопытной и весьма сложной туманной системы, составленной, во первыхъ, изъ длинной, узкой, кривой и раздвоенной полосы, и во вторыхъ, изъ обширнаго клѣтчатаго придатка, въ которомъ туманность пере-

(1) Прим. вост. $20^h 49^m 20^s$, сѣв. склон. $31^\circ 33'$.

мѣшана съ звѣздами и придерживается ихъ на краяхъ клѣтокъ, между тѣмъ какъ въ срединѣ послѣднихъ почти нѣтъ ни туманности, ни звѣздъ.

947. Магеллановы Облака, большое и малое, какъ показываетъ ихъ названіе, суть двѣ облачныя и туманныя массы свѣта, видимыя простымъ глазомъ въ южномъ полушаріи и довольно сходныя, по виду и свѣту, съ равной величины частями Млечнаго Пути. Форма ихъ вообще круглая или слегка овальная; въ большомъ облакѣ, которое уклоняется значительно отъ круглой формы, можно отличить какъ бы свѣтлую, но очень неясно обозначенную и не рѣзко отдѣляющуюся отъ остальной массы ось, которая на своихъ концахъ нѣсколько распускается вѣромъ и составляетъ западный край окружности облака. Маленькое пятно, очевидно болѣе яркое чѣмъ окружающія части, указываетъ невооруженному глазу положеніе весьма замѣчательной туманности, № 30-й Дореды, по каталогу Боде, о которой мы скажемъ болѣе въ послѣдствіи. Большое облако лежитъ между меридіанами $4^{\circ} 40'$ и $6^{\circ} 0'$ и между параллелями 66° и 72° южнаго склоненія, занимая собою около 42 квадратныхъ градусовъ. Малое облако лежитъ между меридіанами ⁽¹⁾ $0^{\circ} 28'$ и $1^{\circ} 15'$, и между параллелями 72° и 75° южнаго склоненія, покрывая собою пространство почти въ десять квадратныхъ градусовъ. О степени ихъ сравнительнаго блеска можно судить изъ того, что при яркомъ лунномъ сіяніи малое облако совершенно пропадаетъ изъ виду, а большое еще остается замѣтнымъ.

948. Въ сильные телескопы строеніе этихъ Облаковъ, особенно большаго, представляется удивительно сложнымъ. Общая основа обоихъ составлена изъ большихъ полосъ и пятенъ туманности, представляющей всѣ степени разложимости, отъ свѣта, неразлагаемаго 18-ти-дюймовымъ рефлекторомъ, до совершенно-отдѣльныхъ звѣздъ, какъ въ Млечномъ Пути, изъ

(1) На всѣхъ небесныхъ картахъ и глобусахъ положеніе мааго облака показано очень неправильно.

скупенныхъ группъ, которыя, по своей отдѣльности и густотѣ, подходятъ подъ разрядъ неправильныхъ, и изъ нѣсколькихъ довольно богатыхъ скопищъ звѣздъ. Сверхъ того видны еще многочисленныя туманности, какъ правильныя, такъ и неправильныя, шаровидныя скопища во всякой степени сгущенія, и туманные предметы совершенно особаго характера, не имѣющіе себѣ подобныхъ въ другихъ странахъ неба. Накопленіе всѣхъ этихъ предметовъ такъ велико, что въ площади, занимаемой большимъ облакомъ, насчитано не менѣе 278 туманностей и скопищъ, кромѣ 50 или 60 другихъ, лежащихъ внѣ облака, но которыя, по рѣдкости подобныхъ предметовъ въ ближайшемъ сосѣдствѣ, должно, безъ сомнѣнія, признать его принадлежностями; такъ что приходится около $6\frac{1}{2}$ туманностей на квадратный градусъ, т.-е. гораздо болѣе чѣмъ во всѣхъ прочихъ обилующихъ ими частяхъ неба. Въ маломъ облакѣ накопленіе подобныхъ предметовъ не такъ велико, но все еще очень поразительно, ибо въ занимаемой имъ площади найдено ихъ 37, и 6 другихъ близъ нея. Такимъ образомъ Магеллановы Облака представляютъ намъ соединеніе такихъ двухъ системъ, которыя, во всѣхъ прочихъ частяхъ неба, встрѣчаются всегда отдѣльно одна отъ другой, а именно системы галактической и системы туманностей. Шаровидныя скопища (исключая одно небольшое мѣсто) и правильныя эллиптическія туманности составляютъ сравнительно рѣдкое явленіе въ Млечномъ Пути, и всего обильнѣе въ частяхъ неба, наиболѣе отдаленныхъ отъ этого круга, между тѣмъ какъ въ Облакахъ онѣ перемѣшаны съ общою основой изъ звѣздъ и съ маленькими неправильными туманностями.

949. Такое сочетаніе системъ, при должномъ вниманіи, представляется весьма поучительнымъ, ибо даетъ нѣкоторое понятіе о сравнительномъ разстояніи *звѣздъ* и *туманностей*, и объ истинномъ блескѣ отдѣльныхъ звѣздъ, сравниваемыхъ одна съ другою. Если мы положимъ, что видимый радіусъ большаго облака равняется 3° , и допустимъ, что его общая тѣлесная форма приближенно-сферическая, то разстоянія его ближайшихъ и отдаленнѣйшихъ частей должны

разниться между собою не много болѣе чѣмъ на десятую долю нашего разстоянія отъ центра облака. Поэтому, въ силу такой разницы въ разстояніяхъ, блескъ предметовъ, лежащихъ въ ближайшихъ къ намъ частяхъ, не можетъ казаться значительно ярче блеска предметовъ, расположенныхъ въ частяхъ отдаленнѣйшихъ; тѣмъ не менѣе мы находимъ внутри шарообразнаго пространства болѣе 600 звѣздъ 7-й, 8-й, 9-й и 10-й величинъ, около 300 туманностей и шаровидныхъ и другихъ скопищъ, *всѣхъ возможныхъ степеней разложимости*, и несмѣтное количество звѣздъ меньшихъ величинъ, начиная съ 10-й, до такой величины, что онѣ, по своему множеству и по своей крайней мелкотѣ, сливаются въ неразложимыя туманности, занимающія собою нѣсколько квадратныхъ градусовъ. Еслибы существовалъ лишь одинъ подобный предметъ, то еще можно было бы утверждать безъ крайней невѣроятности, что сферичность его только видимая, вслѣдствіе сокращенія въ проложеніи, и что въ дѣйствительности разность между разстояніями отъ насъ ближайшихъ и отдаленнѣйшихъ частей гораздо болѣе. Но такое устройство, очень невѣроятное и для одного случая, становится уже слишкомъ невѣроятнымъ при двухъ случаяхъ. Итакъ мы должны принять за доказанный фактъ, что звѣзды 7-й или 8-й величины и неразрѣшимыя туманности могутъ существовать вмѣстѣ въ предѣлахъ такихъ разстояній, которыя относятся между собою какъ 9 къ 10; подобное заключеніе служитъ намъ какъ бы предостереженіемъ, чтобы мы не полагались вполне на несомнѣнную достовѣрность нѣкоторыхъ слѣдствій, изложенныхъ на предыдущихъ страницахъ, можетъ быть въ слишкомъ-убѣдительномъ видѣ.

950. Центру малаго облака непосредственно предшествуетъ великолѣпное шаровидное скопище, № 47 Тукана, по каталогу Боде, несомнѣнно принадлежащее къ той же группѣ. Оно ясно видимо простымъ глазомъ, принадлежитъ къ числу прекраснѣйшихъ предметовъ этого рода и составлено изъ весьма-сгущенной сферической массы звѣздъ *блѣдно-розоваго цвѣта*, заключенныхъ концентрически среди другой,

гораздо менѣе плотной сферической массы бѣлыхъ звѣздъ, діаметромъ въ 15' или 20'. Это скопище стоитъ первымъ въ спискѣ § 922.

951. Внутри большого облака находится, какъ уже сказано выше, странная блѣдая туманность, 30-я звѣзда Дореды по каталогу Боде. Она слабо видна простымъ глазомъ и, по замѣчанію Лакаля, походитъ на ядро малой кометы. Она занимаетъ почти одну 500-ю часть всего пространства, покрываемаго облакомъ, и изображена такъ удовлетворительно на таб. V, фиг. 1, что дальнѣйшее описаніе бесполезно.

952. Въ заключеніе этой главы упомянемъ о двухъ явленіяхъ, означающихъ, какъ кажется, существованіе слабой туманности вокругъ нашего Солнца и побуждающихъ насъ причислить его къ разряду туманныхъ звѣздъ. Первое изъ нихъ есть такъ-называемый зодіакальный свѣтъ, который можно видѣть вскорѣ по захожденіи Солнца, каждый ясный вечеръ въ мартѣ, апрѣлѣ и маѣ, а въ противоположное время года—предъ солнечнымъ восходомъ. Онъ представляется намъ въ видѣ сплюснутаго конуса свѣта, который тянется по небу, придерживаясь вообще направленія эклиптики, или, правильнѣе, солнечнаго экватора. Видимое угловое разстояніе его вершины отъ Солнца измѣняется, смотря по обстоятельствамъ, отъ 40° до 90°, а ширина его основанія, перпендикулярнаго къ оси, отъ 8° до 30°. Этотъ свѣтъ, очень блѣдный и дурно ограниченный, особенно въ нашемъ климатѣ, видимъ немного явственнѣе въ тропическихъ странахъ; но его нельзя смѣшать ни съ атмосферическими метеорами, ни съ сѣвернымъ сіяніемъ. Онъ, очевидно, образуетъ собою чечевицеобразную оболочку (1), окружающую Солнце и простирающуюся далѣе орбитъ Меркурія и Венеры, а можетъ-быть доходящую и до Земли, ибо вершину его случалось наблюдать на разстояніи отъ Солнца цѣлыхъ 90° большого

(1) Не могу представить себѣ, на какомъ основаніи Гумбольдтъ приписываетъ зодіакальному свѣту форму кольца, окружающаго Солнце.

круга. Можно предположить, что этот свѣтъ есть не иное что какъ плотнѣйшая часть той среды, которая, какъ есть поводъ думать, оказываетъ сопротивленіе движенію кометъ, и можетъ-быть присвоила себѣ вещество хвостовъ миллионovъ этихъ тѣлъ, во время ихъ послѣдовательныхъ прохожденій чрезъ перигелій (§ 607). Зодіакальный свѣтъ не можетъ составлять *атмосферу* Солнца, въ собственномъ смыслѣ этого слова; ибо существованіе газообразной оболочки, въ которой давленіе передается отъ частицы частицъ, а слои подвергаются взаимному тренію, и которая слѣдовательно обращается въ то же, или почти то же время какъ и центральное тѣло, при такихъ размѣрахъ и такой эллиптичности, совершенно несообразно съ законами динамики. Если частицы этой оболочки имѣютъ косность (вещественны), то по необходимости онѣ должны относиться къ Солнцу какъ отдѣльныя, независимыя и крохотныя планеты, имѣющія каждая свою орбиту, свою плоскость движенія и свой періодъ обращенія. Такъ какъ вся масса ихъ почти ничтожна въ сравненіи съ массою Солнца, то о взаимной возмущеніи не можетъ быть и рѣчи, хотя столкновеніе частицъ, которыхъ пути перекрещиваются, по истеченіи долгаго времени и можетъ причинить паденіе по крайней мѣрѣ нѣкоторой части всей ихъ массы на Солнце и на планеты.

953. Ничто не препятствуетъ всѣмъ этимъ частицамъ, или нѣкоторымъ изъ нихъ, имѣть осозательную величину и пребывать въ весьма большомъ разстояніи другъ отъ друга. Въ сравненіи съ планетами, видимыми въ наши лучшіе телескопы, большія и тяжелыя каменныя массы не болѣе тѣхъ пылинкокъ, которыя плаваютъ въ лучѣ солнечнаго свѣта, проникающемъ сквозь узкую щель въ темную комнату. Извѣстно какъ фактъ, основанный на неоспоримой достовѣрности, что каменныя и желѣзныя массы падаютъ иногда на Землю изъ высшихъ слоевъ атмосферы, гдѣ онѣ очевидно не могли образоваться, и что это явленіе было извѣстно съ глубочайшей древности. Сохранилось преданіе о четырехъ случаяхъ, въ которыхъ люди были убиты паденіемъ такихъ тѣлъ.

Въ 465 году до Р. Х. въ Эгосъ-Потамосъ упалъ камень величиною въ два мельничныхъ жернова; въ Парии, въ 921 г. по Р. Х. упала каменная масса, выступившая на четыре фута надъ водою рѣки, въ которую она погрузилась. У императора Егангира былъ мечъ, выкованный изъ метеорического желѣза, упавшаго въ 1620 г. въ Ялиндеръ, въ Пенджабъ ⁽¹⁾. Известны шестнадцать достовѣрныхъ случаевъ паденія камней на Британскихъ островахъ, начиная съ 1620 г.,—одинъ изъ нихъ упалъ въ Лондонѣ. Въ 1803 году, 26 апрѣля, тысячи камней были разбросаны на пространствѣ двадцати или тридцати квадратныхъ миль вокругъ города Эгль въ Нормандіи, при взрывѣ большого огненного шара. Дѣло случилось среди бѣлаго дня, и обстоятельства были офиціально изслѣдованы комиссіей французскаго правительства ⁽²⁾. Эти примѣры и многочисленные другіе случаи ⁽³⁾ вполне доказываютъ несомнѣнность факта. Послѣ тщетныхъ попытокъ объяснить оный вулканическими изверженіями, планетная природа подобныхъ тѣлъ была признана почти общимъ мнѣніемъ. Ихъ высокая температура при паденіи, сопровождающія ихъ огненные явленія и взрывъ при вступленіи въ плотнѣйшіе слои нашей атмосферы—удовлетворительно объясняются, по началамъ физики, сгущеніемъ лежащаго предъ ними воздуха вслѣдствіе ихъ немовѣрной скорости, и соотношеніемъ воздуха въ чрезвычайномъ-разрѣженномъ состояніи къ теплу ⁽⁴⁾.

954. Кромѣ каменныхъ и металлическихъ массъ, вѣроятно еще обращаются такимъ образомъ около Солнца тѣла весьма различнаго свойства, или по крайней мѣрѣ въ весьма-различномъ состояніи сцѣпленія. Падающія звѣзды, оставляющія часто за собою огненный слѣдъ, и большіе огненные

(1) См. весьма замѣчательное описаніе этого случая, составленное самимъ императоромъ и переведенное въ *Philosoph Transact* на 1793 г., ст. 202.
(2) См. донесеніе Біо въ *Memoires de l'Institut* 1806 г.

(3) См. списокъ болѣе 200 случаевъ, изданный Хладни въ *Annales de Bureau des Longitudes de France*, 1825 г.

(4) *Edinburgh Review*, январь 1848 г., ст. 195. Весьма замѣчательно, что во всѣхъ метеоролитахъ, подвергнутыхъ анализу, не удалось открыть никакого химическаго элемента.

шары, наблюдаемые не такъ часто, но не очень необыкновенные, которые пролетаютъ сквозь верхніе слои нашей атмосферы, иногда оставляютъ послѣ себя въ продолженіе нѣсколькихъ секундъ полосу свѣта, иногда разрываются съ громкимъ трескомъ, а иногда совсѣмъ гаснутъ,—можно не безъ основанія считать за тѣла чуждыя нашей планетѣ и видимыя лишь въ то время, когда они вступаютъ въ предѣлы нашей атмосферы. Нѣкоторые изъ метеоровъ послѣдняго рода едва ли можно разсматривать какъ твердыя массы. Замѣчательный метеоръ 18 августа 1783 года пролетѣлъ чрезъ всю Европу, отъ Шотландіи до Рима, съ скоростію около 45 верстъ въ секунду, въ разстояніи 75 верстъ отъ поверхности Земли; свѣтъ его былъ значительно ярче свѣта полнолунія, а истинный его діаметръ былъ не менѣе трехъ четвертей версты. Не смотря на столь обширные размѣры, метеоръ сдѣлалъ крутой поворотъ на своемъ пути, видимо мѣнялъ свою форму и наконецъ спокойно раздѣлился на многія тѣла, которыя всѣ продолжали двигаться по параллельнымъ путямъ, и влачили за собой каждое особый хвостъ или полосу свѣта.

955. Въ исторіи падающихъ звѣздъ упоминается о такихъ обстоятельствахъ, которыя сильно говорятъ въ пользу ихъ космическаго происхожденія и ихъ обращенія вокругъ Солнца по опредѣленнымъ орбитамъ. Не разъ случалось наблюдать, что онѣ появляются въ такомъ удивительномъ и необыкновенномъ множествѣ, что ихъ можно было сравнить съ дождемъ изъ ракетъ или хлопьями падающаго снѣга, блистательно освѣщающаго все небо; при томъ ихъ видѣли не въ одной мѣстности, а на пространствѣ обширныхъ материковъ и океановъ, и, въ одномъ случаѣ, даже на обоихъ полушаріяхъ. Весьма замѣчательно, что это великолѣпное зрѣлище всегда появлялось, по крайней мѣрѣ въ новѣйшее время, въ ночь съ 12-го на 13-е или съ 13-го на 14-е ноября н. ст. Такъ было въ 1799, 1823, 1832, 1833 и 1834 годахъ. Обзоръ преданій о подобныхъ явленіяхъ показало, что съ незапамятныхъ временъ они случались въ тѣ же ночи, а иногда

и въ ночи непосредственно къ нимъ примыкающія. Другая годовая эпоха появленія этихъ метеоровъ, хотя и менѣе обильная, но болѣе благонадежная, ибо появленіе ихъ въ ноябрьскій терминъ часто прерывается на много лѣтъ, падаетъ на 9-е, 10-е и 11-е августа: въ эти ночи можно почти навѣрное увидать много большихъ и блестящихъ падающихъ звѣздъ съ хвостами. Открыты еще и другіе до нѣкоторой степени вѣроятные сроки ихъ періодическаго появленія.

956. Невозможно приписать случаю повтореніе этого весьма замѣчательнаго явленія въ одніи и тѣ же числа. Годовая періодичность, независящая отъ географическаго положенія, прямо наводитъ на мысль, что оно имѣетъ связь съ мѣстомъ, занимаемымъ Землею на своей годовой орбитѣ, и приводитъ къ заключенію, что въ этомъ мѣстѣ Земля встрѣчаетъ потокъ метеоровъ, обращающихся около Солнца. Остановимся на этой мысли и рассмотримъ ея послѣдствія. Допустимъ сперва, что Земля, въ своемъ ежегодномъ обращеніи, погружается въ равномерное кольцо, составленное изъ несмѣтнаго множества мелкихъ метеорическихъ планетъ, и пробѣгаетъ толщину этого кольца въ одинъ или два дня; такъ какъ въ продолженіе столь короткаго времени движеніе Земли и каждаго отдѣльнаго метеора можно считать равномернымъ и прямолинейнымъ и можно принять, что въ это время и въ этомъ мѣстѣ движенія всѣхъ метеоровъ совершенно или почти параллельны, то отсюда слѣдуетъ, что движенія метеоровъ относительно Земли, предполагаемой въ покоѣ, будутъ также равномерны, прямолинейны и *параллельны*. Поэтому, изъ центра Земли, или изъ какой-либо точки ея поверхности (не принимая въ расчетъ суточнаго движенія, весьма незначительнаго въ сравненіи съ годовымъ), намъ должно казаться, что всѣ метеоры какъ будто расходятся изъ одной общей точки, *неподвижной на небесномъ сводѣ* (§ 118).

957. Въ дѣйствительности такъ и бываетъ. Метеоры 12—14-го ноября, или по крайней мѣрѣ гораздо бѣльшая часть ихъ, по видимому описываютъ дуги большихъ круговъ, проходящихъ черезъ γ Льва, или близъ этой звѣзды. Каково бы ни

было во время наблюденія положеніе этой звѣзды относительно горизонта, или точекъ востока и запада, пути всѣхъ метеоровъ повидимому расходятся изъ нея. Въ ночи 10—11-го августа геометрический фактъ остается тотъ же, и мѣняется только общая вершина, ибо точкою расхожденія служить В Камелопарда. Такъ какъ мы не имѣемъ необходимости предполагать, что кольцо метеоровъ совпадаетъ съ плоскостію эклиптики, и можемъ допустить, что форма его эллиптическая, со всякимъ подходящимъ эксцентрицитетомъ, вслѣдствіе чего скорость и направленіе каждаго метеора могутъ всячески разниться отъ скорости и направленія Земли; то замѣчаемое большое различіе въ широтѣ этихъ вершинъ ни мало не опровергаетъ сдѣланнаго заключенія.

958. Если метеоры распределены равномерно въ такомъ кругломъ или эллиптическомъ кольцѣ, то Земля, встрѣтившись съ ними разъ, должна встрѣчать ихъ потомъ въ каждое обращеніе. Но если кольцо разбито на нѣсколько послѣдовательныхъ группъ, обращающихся по эллипсису въ періодъ отличный отъ времени обращенія Земли, то въ теченіе многихъ лѣтъ можетъ не послѣдовать встрѣчи, и обиліе видимыхъ падающихъ звѣздъ въ срочныя эпохи можетъ быть различно, смотря по богатству или скудости встрѣчаемыхъ группъ.

959. Обѣ характеристическія черты явленія—годовая періодичность и расходимость изъ общей точки, *постоянно одинаковой для каждой соответствующей эпохи*,—не получили до сихъ поръ другаго правдоподобнаго объясненія, и потому астрономы все болѣе и болѣе убѣждаются, что падающія звѣзды принадлежатъ къ области ихъ науки. Наблюденіе и дальнѣйшее изслѣдованіе законовъ падающихъ звѣздъ возбуждаютъ сильное вниманіе. Самые связные и систематическіе ряды наблюденій, имѣвшіе цѣлью опредѣленіе ихъ относительной орбиты въ разсужденіи Земли, принадлежатъ Брандту и Бенценбергу, которые, на концахъ измѣренной базы, длиною въ 50 000 футовъ, замѣчали мгновеніе и мѣста появленія и исчезновенія, равно какъ и видимый путь между звѣздами

отдѣльныхъ метеоровъ; они пришли къ заключенію, что высоты точекъ появленія и исчезновенія разнятся отъ 24 до 211 верстъ, а относительныя скорости—отъ 27 до 54 верстъ въ секунду: столь большія скорости явно обозначаютъ независимое планетное обращеніе вокругъ Солнца. Весьма замѣчательный метеоръ или болидъ, появившійся 19 августа 1847 года, былъ довольно точно наблюдаемъ въ Діенцѣ и въ Парижѣ, такъ что оказалось возможнымъ вычислить элементы его орбиты въ пространствѣ. Директоръ тулузской обсерваторіи Пети произвелъ вычисленіе и нашелъ слѣдующіе гиперболическіе элементы орбиты его обращенія около Солнца (*Astron. Nachr.* № 701): большая полуось = 0, 3240083, эксцентриситетъ = 3, 95130, разстояніе въ перигеліѣ = 0, 95626, наклоненіе къ плоскости земнаго экватора = $18^{\circ} 20' 18''$, положеніе восходящаго узла въ той же плоскости = $10^{\circ} 34' 48''$, движеніе прямое. Сообразно этому вычисленію, тѣло должно было употребить не менѣе 37 340 лѣтъ на прохожденіе пространства, отдѣляющаго насъ отъ ближайшей неподвижной звѣзды, полагая параллаксъ ея равнымъ $1''$.

960. Могло случиться, что Земля, проходя мимо такихъ болидовъ, которые двигались почти въ одинаковомъ съ нею направленіи и съ почти-равною скоростью, привязала многіе изъ нихъ къ себѣ, какъ постоянныхъ спутниковъ. Нѣкоторые изъ нихъ можетъ-быть такъ велики и имѣютъ такое твердое строеніе, что свѣтятъ отраженнымъ свѣтомъ и дѣлаются (по крайней мѣрѣ ближайшіе къ Землѣ) на короткое время видными, до своего полнаго помраченія при погруженіи въ земную тѣнь, т.-е. при наступленіи для нихъ солнечнаго затмѣнія. Лаббокъ полагаетъ, что подобные спутники дѣйствительно существуютъ, и предлагаетъ геометрическія формулы для опредѣленія ихъ разстоянія по наблюденіямъ таковыхъ помраченій ⁽¹⁾. Наблюденія Пети располагаютъ насъ допустить по крайней мѣрѣ одно такое тѣло, обращающееся вокругъ Земли, какъ спутникъ, въ 3 часа 20 минутъ, и слѣдо-

(1) *Philosoph. Magaz.* Lond. Ed. Dub. 1848, стр. 80.

вательно на разстояніи отъ ея центра равномъ 2, 513 радіуса, или на высотѣ 7 500 верстъ надъ ея поверхностію ⁽¹⁾.

961. Въ § 432 мы замѣтили, что, не прибѣгая къ горѣнію, можно объяснить солнечное тепло теплотою, возбуждаемою треніемъ. Старое ученіе, иѣкогда защищаемое Бэкономъ неосновательными и неправдоподобными доводами, и развитое потомъ Сегенемъ старшимъ въ обстоятельную и выработанную теорію, по которой тепло есть непрерывное, быстрое, дрожательное или вращательное движеніе частицъ вещества, приобрѣло недавно важное значеніе трудами Жуля (Joule) и Томсона. По этой теоріи, однажды возбужденное движеніе, какъ бы оно ни возникло, никогда не уничтожается, но продолжаетъ существовать въ видѣ *живой силы* въ частицахъ тѣла даже и тогда, когда послѣднія повидимому приведены въ состояніе покоя ⁽²⁾. *Живая сила* только принимаетъ другую форму, распространяется по частицамъ тѣла какъ увеличенное дрожательное или вращательное движеніе, является въ видѣ тепла или свѣта, или того и другого вмѣстѣ, сообщается частицамъ свѣтоноснаго ээира, и, разсѣянная такимъ образомъ по этому ээиру, поражаетъ явленія лучистаго свѣта и тепла. Если мы согласимся на немногія нелегко понимаемыя, а еще менѣе удободопускаемыя предположенія, то эта теорія, не лишенная иѣкотораго вѣроятія, конечно даетъ стройное объясненіе происхожденія тепла отъ тренія и давленія. Пользуясь ею, Уатерсонъ и Томсонъ объяснили слѣдующимъ образомъ развитіе солнечнаго тепла и свѣта. Слѣдуя первому, тѣ метеоролиты, которые, въ своемъ обращеніи по весьма-эксцентрическимъ или кометнымъ орбитамъ, достигаютъ предѣловъ солнечной атмосферы, падаютъ въ такомъ изобиліи и съ такою скоростію на поверхность Солнца, что поражаютъ вышеобъясненнымъ способомъ все лучистое истеченіе тепла и свѣта. Соотвѣтственно взгляду Уатерсона на предметъ, на каждый квадратный футъ солнечной поверх-

(1) *Comptes Rendus*, 12 окт. 1846 г., и 9 авг. 1847 г.

(2) См. записку автора о поглощеніи свѣта, *Lond. and Edinb. Philosoph. Magaz. and Journ.*, 3-я серія, т. III, № 18, дек. 1833 г.

ности ежечасно должна падать масса въ $5\frac{1}{2}$ фунтовъ, со скоростію 588 верстъ въ секунду, такъ что все Солнце должно ежегодно покрываться слоемъ каменнаго или другаго твердаго вещества, одинаковой плотности съ гранитомъ, толщиною въ 12 футовъ. Томсонъ, не смущаясь такою неумолкаемою батареей, склоняется ко мнѣнію, что парообразная туманность зодіакальнаго свѣта непрерывно осаждается на Солнце, приближаясь къ нему непрерывно по спирали до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ сильно возрастающаго сопротивленія его атмосферы, которой она достигаетъ имѣя гораздо большую скорость вращенія, и здѣсь, своимъ треніемъ о наружную оболочку или фотосферу солнечной поверхности, поражаетъ ощущаемыя нами тепло и свѣтъ. По теоріи же Уатерсона, свѣтъ и тепло возбуждаются на твердой поверхности Солнца, что противорѣчитъ извѣстнымъ изъ наблюденія фактамъ ⁽¹⁾. Наши читатели могутъ сами судить на сколько оба объясненія подтверждаются телескопическимъ видомъ солнечной поверхности, описаннымъ въ §§ 412—424.



(1) Количество вещества, ежегодно осѣдающаго на Солнце въ измелченномъ, жидкомъ или парообразномъ состояніи, по теоріи Томсона вдвое болѣе чѣмъ по теоріи Уатерсона, а именно составляетъ въ годъ 24 фута гранита, т.-е. одну версту въ 146 лѣтъ. Въ этомъ предположеніи видимый діаметръ Солнца долженъ увеличиваться почти на 1" въ 100 000 лѣтъ.

Въ *Manuel de la Science*, или *Annuaire du Cosmos*, на 1859 г., аббата Муаньо (изданіи весьма любопытномъ и вообще безпристрастномъ при изслѣдованіи правъ на ученое первенство, ст. 85—87, т. 2-й. это мѣсто переведено въ такомъ видѣ, какъ будто я принимаю вполнѣ упомянутую теорію и ученіе Сегена: причиною тому вѣроятно несовершенное пониманіе употребленныхъ мною выраженій. Но мнѣніе мое, особенно касательно послѣдняго, вовсе не таково. Надѣюсь, что мои подлинныя выраженія достаточно предостерегаютъ читателей отъ подобнаго заключенія касательно общихъ началъ, ея упомяная уже о подробностяхъ теоріи Сегена.

ЧАСТЬ IV.

СЧИСЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ.

ГЛАВА XVIII.

Естественныя единицы времени. — Предвареніе равноденствія имѣетъ вліяніе на отношеніе звѣздныхъ сутокъ къ солнечнымъ суткамъ. — День и годъ между собою несоизмѣримы. — Происхожденіе отъ того неудобства. — Какъ они отвращаются. — Юліанскій календарь. — Неправильности при введеніи его. — Преобразованіе календаря Августомъ. — Григоріанское преобразованіе. — Циклы солнечный и лунный. — Индиктъ. — Юліанскій періодъ. — Таблица хронологическихъ эръ. — Правила для счисленія дней, истекшихъ между данными сроками. — Равноденственное время. — Опредѣленіе времени въ древнемъ лѣтосчисленіи помощію затмѣній.

962. Время, подобно разстоянію, измѣряется сравненіемъ съ единицею извѣстной величины; для правильнаго опредѣленія продолжительности даннаго промежутка нужно только приложить единицу ко всей его длинѣ, не переступая за его конецъ и не оставляя какой-либо части неизмѣренною. Такимъ образомъ, не принимая въ расчетъ возможной ошибки

въ самой единицѣ, мы узнаемъ, сколько заключается цѣлыхъ единицъ въ данномъ промежуткѣ, отъ его начала до конца, и какая именно дробная часть этой единицы остается въ промежуткѣ по отнятіи всѣхъ содержащихся въ немъ цѣлыхъ единицъ.

963. Въ теоретическомъ смыслѣ, всякіе образцы единицы равно возможны, но не всѣ они равно удобны въ практическомъ отношеніи. При всякомъ положеніи общества, нужды и занятія побуждаютъ человѣка избрать солнечный день за основную единицу времени. Его длина, считаемая отъ выходения Солнца изъ даннаго меридіана до слѣдующаго къ нему возвращенія, подлежитъ, правда, такимъ годовымъ колебаніямъ въ ту и другую сторону, сравнительно съ среднею величиной сутокъ, которыя простираются до цѣлой полуминуты. Но такія перемѣны слишкомъ незначительны, и не могутъ обратить на себя вниманіе и повредить удобству употребленія дня; онѣ становятся замѣтными только въ астрономическихъ изслѣдованіяхъ. По незнанію существованія этихъ перемѣнъ, средняя величина сутокъ, съ самой глубокой древности, заступила мѣсто ихъ истинной или перемѣнной величины.

964. Можно доказать на основаніи динамическихъ началъ, что время обращенія Земли на своей оси, или среднія звѣздныя сутки ⁽¹⁾, не подлежатъ измѣненію отъ вліянія внѣшнихъ причинъ. Эти сутки могли бы сдѣлаться короче отъ сокращенія въ размѣрахъ земнаго шара, напримѣръ вслѣдствіе постепенной утраты имъ внутренняго тепла, и сопряженнаго съ охлажденіемъ сжиманія всей массы; но съ одной стороны теорія почти несомнѣнно доказала, что эта причина не могла произвести сколько-нибудь ощутительное вліяніе на продолжительность сутокъ со времени пребыванія на Землѣ человѣческаго рода, а съ другой стороны, это заключеніе всячески подтверждается сравненіемъ древнѣйшихъ наблюденій съ новѣйшими. Изъ подоб-

(1) Истинныя звѣздныя сутки измѣняются отъ вліянія колебаній; но это измѣненіе, составляющее весьма малую дробь цѣлаго, вознаграждается само собою въ каждое обращеніе лунныхъ узловъ.

ныхъ сравненій Лапласъ нашелъ, что со временъ Гиппарха звѣздныя сутки не измѣнились даже на одну сотуюдолю секунды. Поэтому звѣздныя сутки владѣютъ воиолнѣ существеннымъ качествомъ образцовой единицы—совершенною неизмѣнностью. То же можно замѣтить и о среднемъ звѣздномъ годѣ, если величина его выводится изъ такого большаго числа лѣтъ, которыхъ достаточно для вознагражденія весьма малыхъ колебаній, зависящихъ отъ періодическихъ измѣненій большой оси земной орбиты вслѣдствіе производимыхъ планетами возмущеній (§ 711).

965. Среднія солнечныя сутки выводятся непосредственно изъ звѣздныхъ сутокъ и звѣзднаго года, и связаны съ ними тѣмъ же соотношеніемъ, на основаніи котораго выводится для какихъ-либо двухъ планетъ, или другихъ обращающихся тѣлъ, синодическое обращеніе изъ звѣзднаго (§ 450). Точное опредѣленіе отношенія звѣздныхъ сутокъ къ солнечнымъ суткамъ, составляющее въ астрономіи предметъ чрезвычайной важности, нѣсколько усложняется вліяніемъ предваренія, которое условливаетъ необходимое различіе между абсолютнымъ временемъ вращенія Земли на своей оси (истинною, естественною и неизмѣнною единицею сравненія) и среднимъ промежуткомъ между двумя послѣдовательными вращеніями данной звѣзды на меридіанъ, или, правильнѣе, между двумя послѣдовательными прохожденіями даннаго меридіана чрезъ одну и ту же звѣзду; послѣдній промежутокъ не только немного разнится отъ звѣздныхъ сутокъ, но даже не совсѣмъ одинаковъ для всѣхъ звѣздъ. Такъ какъ уразумѣніе этого предмета можетъ быть сопряжено съ нѣкоторымъ затрудненіемъ для читателя, то мы объяснимся подробнѣе. Пусть будутъ π полюсъ эклиптики, P полюсъ экватора, AC колюрь солнцестоянія въ данное время, $Ppq r$ маленькій кругъ, описываемый P около π въ одно обращеніе равноденствій, т. -е. въ 25870 лѣтъ, или въ 9448300 солнечныхъ сутокъ: все это показано на чертежѣ въ проложеніи. Возьмемъ звѣзду S гдѣ-нибудь на эклиптикѣ, или между нею и маленькимъ кругомъ $Pq r$. Если полюсъ P пребываетъ въ покоѣ, то

то ни было звѣздныхъ сутокъ, когда полюсъ переходитъ въ p , сферическій уголъ $\pi p S$ означаетъ мѣру часового угла, на который меридианъ отсталъ отъ звѣзды. Если S лежитъ гдѣ-нибудь между C и r , то этотъ уголъ непрерывно, хотя и неравномѣрно, увеличивается; онъ дѣлается равнымъ 180° , когда p приходитъ въ r , и возрастаетъ далѣе до 360° покуда p оканчиваетъ полное обращеніе. Такимъ образомъ въ полное обращеніе равноденствій меридианъ утрачиваетъ относительно звѣзды цѣлый оборотъ, или, другими словами, въ продолженіи 9448300 звѣздныхъ сутокъ настигаетъ звѣзду только 9448299 разъ; это значитъ, что длина сутокъ, измѣряемыхъ послѣдовательными возвращеніями къ тому же меридиану какой-либо звѣзды, лежащей внѣ круга $P p q r$, относится къ истинному времени вращенія Земли на своей оси какъ $9448300 : 9448299$, или какъ 1,00000011 къ 1.

966. Обстоятельства измѣняются для звѣздъ, лежащихъ внутри этого круга, напримѣръ въ σ . Для такой звѣзды уголъ $\pi p \sigma$, представляющій замедленіе меридіана, достигаетъ наибольшей величины, когда p приходитъ въ извѣстное положеніе между q и r , потомъ онъ уменьшается и обращается въ нуль въ r ; послѣ чего этотъ уголъ направляется въ противоположную сторону, меридианъ опережаетъ звѣзду и обгоняетъ ее болѣе и болѣе до тѣхъ поръ, пока p не придетъ въ нѣкоторую точку, лежащую между s и P , гдѣ меридианъ уходитъ впередъ отъ звѣзды на самый большой уголъ, и потомъ снова уменьшается до нуля, когда p оканчиваетъ полное обращеніе. Поэтому средняя величина, опредѣляемая по такой звѣздѣ изъ всѣхъ дней въ продолженіе полного періода отступленія равноденствій, равняется истинной величинѣ звѣздныхъ сутокъ, какъ будто бы предваренія не существовало.

967. Когда положеніе Солнца сравнивается съ звѣздою, лежащею на эклиптикѣ, то за звѣздный годъ (безъ опасенія ощутительной погрѣшности) можно приять среднюю величину всѣхъ промежутковъ между возвращеніями Солнца къ звѣздѣ, съ начала историческихъ временъ. Чтобы вычислить сино-

дическія звѣздыя обращенія Солища и земнаго меридіана относительно звѣзды, находящейся въ такомъ положеніи, мы должны поступать слѣдующимъ образомъ, на основаніи правилъ, изложенныхъ въ § 450. Пусть D означаетъ длину средняго солнечнаго дня (или разсматриваемаго синодическаго дня), d среднее звѣздное обращеніе меридіана *относительно той же звѣзды*, а y — звѣздный годъ. Солнце и меридіанъ въ теченіе промежутка D опишутъ дуги соответственно

равныя $360^\circ \frac{D}{y}$ и $360^\circ \frac{D}{d}$. Такъ какъ послѣдняя ровно

на 360° болѣе первой, то

$$360^\circ \frac{D}{d} = 360^\circ \frac{D}{y} + 360^\circ;$$

откуда

$$\frac{D}{d} = 1 + \frac{D}{y} = 1,00273780,$$

принявъ $y = 365^d 6^h 9^m 9^s, 6$ (§ 409). Но мы видѣли, что d не настоящія звѣздыя сутки, но болѣе ихъ въ отношеніи 1,00000011 : 1. Поэтому, чтобы найти величину среднихъ солнечныхъ сутокъ, выраженную въ настоящихъ звѣздыныхъ суткахъ, слѣдуетъ увеличить въ томъ же отношеніи вышенайденное данное число, отчего оно обращается въ 1,00273791. Последнее число выражаетъ общепринятое теперь въ астрономіи отношеніе солнечныхъ сутокъ къ звѣздынымъ.

968. Для хронологіи было бы весьма удобно, еслибы народы при счисленіи времени довольствовались одною этою естественною и неизмѣнною единицею. Такъ поступали древніе Египтяне; считая гражданскій годъ въ 365 дней, они подали единственный примѣръ практической хронологіи, ясной и несложной. Но возвращеніе временъ года, съ которыми связаны всѣ важнѣйшія отношенія и занятія общественной жизни, не сообразуется съ такимъ кратнымъ числомъ суточныхъ единицъ. Ихъ возвращеніе зависитъ отъ *тропическаго года*, или промежутка между двумя послѣ-

довательными вступленіями Солнца въ весеннее равноденствіе, которое, какъ показано въ § 409, отличается отъ звѣзднаго года по причинѣ движенія равноденственныхъ точекъ. Это движеніе не совершенно равномерно, потому что эклиптика, по которой оно считается, постепенно, хотя и крайне медленно, измѣняетъ свое положеніе въ пространствѣ вслѣдствіе возмущающаго вліянія планетъ (§ 683). Отсюда возникаетъ измѣненіе тропическаго года, зависящее отъ положенія равноденствій (§ 409). Теперь тропическій годъ на $4^c, 21$ короче чѣмъ во времена Гиппарха. При такомъ недостаткѣ самаго существеннаго качества въ образцовой единицѣ, а именно неизмѣняемости, и при необходимости измѣрять время тропическимъ годомъ, мы принуждены выбрать для него такую произвольную величину, которая была бы такъ близка къ истинѣ, чтобы накопленіе ея погрѣшностей въ теченіе многихъ столѣтій не могло причинить намъ практическихъ неудобствъ, и тѣмъ самымъ удовлетворяло бы обыкновеннымъ потребностямъ гражданской жизни. Въ научныхъ изслѣдованіяхъ подобная величина тропическаго года представляетъ не болѣе какъ извѣстное число цѣлыхъ сутокъ съ дробью, и въ сущности единицею служатъ сутки. Этотъ случай близко напоминаетъ собою опредѣленіе цѣнностей золотою и серебряною монетою; искусственное отношеніе между ними установлено закономъ, но оно почти никогда не совпадаетъ съ естественнымъ отношеніемъ, опредѣляемымъ рыночною цѣною золота и серебра; только одинъ изъ этихъ металловъ, тотъ, который менѣе измѣняется, или находится въ болѣебольшомъ употребленіи у другихъ народовъ, можно считать за истинную теоретическую единицу цѣнностей.

969. Другое неудобство тропическаго года заключается въ несоизмѣрности болѣеи единицы съ меньшею. Въ нашихъ мѣрахъ пространства всѣ подраздѣленія состоятъ изъ кратныхъ частей: въ сажени три аршина, въ верстѣ 500 сажень, и т. д. Но годъ содержитъ въ себѣ не цѣлое число дней, и не цѣлое число съ точною дробью, какова напримѣръ одна треть или одна четверть; излишекъ есть несоизмѣри-

мая дробь, составленная изъ часовъ, минутъ, секундъ и проч. Это такъ же неудобно при счисленіи времени, какъ еслибы мы употребляли для нашихъ расчетовъ золотую монету цѣною въ нѣсколько рублей съ копейками, полушками и дробями полушки. Чтобы пособить этому неудобству, не остается иного средства, какъ вести вѣрный счетъ прибавочной дроби, и по накопленіи полныхъ сутокъ присоединять ихъ къ цѣлому числу дней.

970. Веденіе этого счета самымъ простымъ и удобнымъ образомъ есть дѣло хорошаго календаря. Общепринятый въ Европѣ григоріанскій календарь достигаетъ цѣли очень просто и ловко, расширивъ немного правило пользованія искусственнымъ годомъ; въ этомъ календарѣ употребляются два года, составленные изъ цѣлаго числа дней, одинъ изъ 365, а другой изъ 366, и устанавливается простое и легкое для памяти правило того порядка, въ которомъ они должны слѣдовать одинъ за другимъ въ гражданскомъ счисленіи времени; такъ что, въ теченіи нѣсколькихъ тысячъ лѣтъ, сумма искусственныхъ, или григоріанскихъ годовъ, содержащихся въ этомъ промежуткѣ, разнится отъ соответствующаго числа тропическихъ годовъ менѣе чѣмъ на одинъ день. Вслѣдствіе этихъ условій, равноденствія и солнцестоянія случаются въ каждомъ григоріанскомъ году въ тѣ же дни, носящія одинаковое названіе, и времена года всегда соответствуютъ однимъ и тѣмъ же мѣсяцамъ, а не передвигаются по всему году, какъ то необходимо должно приключиться при другомъ способѣ счисленія, и дѣйствительно имѣло мѣсто въ невѣжественной, принятой наудачу, хронологіи Греціи и Рима, и въ строго-опредѣленномъ и суевѣрно-правильномъ лѣтосчисленіи Египтянъ.

971. Вотъ правило григоріанскаго календаря: счетъ ведется съ полуночи между 31-мъ декабря и 1-мъ января, *по текущимъ, а не по минувшимъ годамъ*, слѣдовавшимъ непосредственно за Рождествомъ Христовымъ, по хронологическому опредѣленію времени этого событія Діонисіемъ Младшимъ. Каждый годъ, котораго число не дѣлится на 4 безъ остатка, состоитъ изъ 365 дней; каждый годъ, котораго число есть

кратное 4, но не дѣлится на 100, заключаетъ въ себѣ 366 дней; каждый годъ, котораго число дѣлится на 100, но не дѣлится на 400, имѣетъ 365 дней; и каждый годъ, котораго число есть кратное 400, состоитъ опять изъ 366 дней. Такъ напримѣръ 1833 годъ не дѣлится на 4, и потому имѣетъ 365 дней; 1836 годъ имѣетъ 366 дней; 1800 и 1900 каждый по 365 дней, но 2000 годъ имѣетъ 366 дней. Чтобы видѣть, какъ близко такое правило достигаетъ истины, посмотримъ сколько дней содержится въ 10 000 григоріанскихъ годовъ, начиная съ 1-го года по Р. Х. Изъ чиселъ, заключающихся въ 10 000, не дѣлятся на четыре $\frac{3}{4}$, т.-е. 7500; такихъ чиселъ, которыя дѣлятся на 100, но не дѣлятся на 400, содержится въ 10 000 $\frac{3}{4}$ отъ 100, т.-е. 75; поэтому разсматриваемые 10 000 годовъ заключаютъ въ себѣ 7575 годовъ по 365 дней и 2425 по 366 дней, что въ совокупности составляетъ 3652425 дней, откуда получается средняя величина года въ 365,2425 дней. Истинная величина тропическаго года (§ 409), выраженная десятичною дробью, равняется 365,24224; поэтому ошибка григоріанскаго счисленія въ 10 000 нашихъ тропическихъ годовъ составляетъ 2,6 дня, или $2^{\text{д}} 14^{\text{ч}} 24^{\text{м}}$, т.-е. менѣе одного дня въ 3000 лѣтъ, что болѣе нежели достаточно для всѣхъ нашихъ обыкновенныхъ потребностей, исключая астрономическія изслѣдованія, но астрономовъ погрѣшность подобнаго рода не можетъ ввести въ заблужденіе. Легко избѣжать и этой ошибки, распространивъ нѣсколько далѣе, нежели то сдѣлали основатели календаря, правила григоріанскаго счисленія: стоило бы только постановить, что годы, которыхъ число дѣлится на 4000, заключаютъ въ себѣ 365 дней. Отъ такого предположенія число найденныхъ выше цѣлыхъ дней убавилось бы на два дня, всего же на 2,5 дня, и сумма дней содержащихся въ 100 000 григоріанскихъ годовъ равнялась бы 36524225, что разнится только на одинъ день отъ количества дней, заключающихся во 100 000 тропическихъ годовъ ⁽¹⁾, при ихъ теперешней величинѣ.

(1) Достоинно замѣчанія правило, предложенное Омаромъ, персидскимъ астрономомъ двора Джелаледдинъ-Мелекъ-шаха, въ 1079 г. по Р. Х., болѣе

972. Въ историческомъ лѣтосчисленіи событіи нѣтъ года 0:1-му году по Р. Х. непосредственно предшествуетъ 1-й годъ до Р. Х. Не должно этого забывать при вычисленіи хронологическихъ и астрономическихъ промежутковъ времени: изъ суммы годовъ, истекшихъ до Р. Х. и по Р. Х., нужно всегда вычитать 1. Такъ отъ 1 января 4713 г. до Р. Х. до 1 января 1582 г. по Р. Х. прошло не 6295, но 6294 года.

973. Подобно тому какъ разстоянія на большой дорогѣ можно въ точности мѣрять рядомъ промежутковъ неравной длины, полагая, напримѣръ, что каждая четвертая верста длиннѣе на одну сажень чѣмъ прочія, или допустивъ, что длина версты измѣняется по какому-либо нному опредѣленному правилу, если только, для отвращенія ошибки, версты будутъ отмѣчены, и путешественнику будутъ извѣстны разность въ длинѣ версты и порядокъ, въ которомъ онѣ слѣдуютъ одна за другою; такъ точно и промежутки времени можно съ точностію измѣрять григоріанскими годами, если только извѣстно, когда, и въ которомъ году этотъ промежутокъ начинается и оканчивается. При помощи такихъ данныхъ можно всегда опредѣлить, сколько заключается въ промежуткѣ полныхъ годовъ по 365 и по 366 дней. Последніе года называются высокосными, а лишніе, прибавляемые къ численію дни называются вставочными или прибавочными днями.

974. Еслибы правила григоріанскаго счисленія были употребляемы всегда и во всѣхъ странахъ, то можно было бы безъ всякаго труда опредѣлять число дней, истекшихъ отъ какого-либо историческаго событія до настоящаго времени. Но не такъ выходитъ на дѣлѣ; исторію календари, въ отно-

чѣмъ за пять столѣтій до григоріанскаго преобразованія календари. Оно заключается въ прибавленіи вставочнаго дня къ каждому четвертому году, какъ въ юліанской системѣ, и въ перенесеніи въ 33-й годъ вставочнаго дня, приходящагося на долю 32-го года. Такая перемѣна равнозначительна съ оушеніемъ одного высокоснаго дня въ 128 юліанскихъ годахъ. Такимъ образомъ ошибка составитъ одинъ день по истеченіи 5000 лѣтъ, и слѣдовательно правило персидскаго астронома не только проще, но и точнѣе правилъ григоріанскаго календаря.

шеніи къ хронологіи и къ вычисленію древнихъ наблюденій, можно сравнить съ часами, которые, предоставленные самимъ себѣ, шли правильно, но которые иногда забывали заводить, и при заведеніи ставили то впередъ, то назадъ, въ угожденіе частнымъ и личнымъ выгодамъ, или для исправленія сдѣланныхъ при началѣ ошибокъ. Это справедливо по крайней мѣрѣ для римскаго календаря (отъ котораго произошелъ нашъ календарь), отъ Нумы до Юлія Цезаря; во все это время лунный годъ изъ 13-ти мѣсяцевъ, или 355 дней, произвольно увеличивали для соглашенія съ солнечнымъ годомъ, связаннымъ съ временами года; жрецы, децемвиры и другія должностныя лица до того злоупотребляли вставкою прибавочныхъ дней, что произвели наконецъ почти безвыходный безпорядокъ. Юлій Цезарь, при помощи ученаго александрійскаго астронома и математика Созигена, установилъ наконецъ оба года въ 365 и 366 дней и опредѣлилъ простой порядокъ счисленія одного высокоснаго года послѣ трехъ простыхъ лѣтъ. Эта замѣчательная перемѣна введена въ 45-мъ году до Р. Х., который по повелѣнію Юлія Цезаря начался съ 1-го января, *потому что въ этотъ день приходилось новолуніе, слѣдовавшее непосредственно за зимнимъ солнцестояніемъ предшествовавшаго года.* Можно судить о безпорядкѣ, происшедшемъ въ счисленіи времени изъ того обстоятельства, что для введенія новой системы потребовалось продолжить предыдущій годъ, 46-й до Р. Х., и сдѣлать его въ 445 дней, отчего онъ и получилъ названіе безпорядочнаго года (*annus confusionis*).

975. Еслибы смерть не помѣшала Цезарю исполнить, въ санѣ верховнаго жреца, задуманное имъ преобразование, то вѣроятно не случилось бы той ошибки, которая при самомъ началѣ грозила уничтоженіемъ новаго порядка. До насъ не дошли подлинныя слова эдикта, которымъ вводилось юліанское счисленіе, но вѣроятно въ немъ было выраженіе въ родѣ: *каждый четвертый годъ*; по смерти Цезаря, жрецы, толкуя подобныя слова ошибочно, считали, по священническому обычаю, *высокосный годъ первымъ изъ четырехъ,*

какъ бы уже истекшимъ, и потому вставляли высокосъ черезъ три, а не черезъ четыре года. Это недоразумѣніе длилось 36 лѣтъ, въ продолженіе которыхъ вмѣсто 9 дней вставили 12, и накопилась ошибка въ три дня. Для исправленія ея, Августъ повелѣлъ не вставлять высокосныхъ годовъ въ теченіе трехъ полныхъ *четырехлѣтій*, и возстановилъ такимъ образомъ порядокъ юліанскаго счисленія, который никогда не нарушался въ послѣдствіи, до того времени, когда накопившіяся погрѣшности самой системы вызвали григоріанское преобразование. Вслѣдствіе Августова исправленія, годы 761, 765, 769 и проч. отъ основанія города, соотвѣтствующіе годамъ 8, 12, 16 и проч. нашей эры, сдѣлались высокосными. Принявъ это за достовѣрный фактъ (показанія классическихъ писателей объ этомъ предметѣ не столь опредѣлительны, чтобы не оставалось никакаго сомнѣнія касательно предшествовавшихъ промежуточныхъ годовъ), астрономы и хронологи согласились продолжить счетъ назадъ непрерывно въ томъ же порядкѣ и распространить такимъ образомъ на прошедшее время юліанское счисленіе, въ предположеніи, что оно никогда не прерывалось, и что Юлій Цезарь ⁽¹⁾, для обезпеченія правильности вставки, сдѣлалъ свой первый годъ, 45-й до Р. Х., высокоснымъ. Поэтому, для опредѣленія времени какого-либо событія въ древней и новой исторіи, до введенія новаго стиля, по общепринятому обычаю, означаютъ соотвѣтствующій этому событію день въ понимаемомъ такимъ образомъ юліанскомъ лѣтосчисленіи, и тѣмъ самымъ выдвигаютъ его часто изъ весьма-запутанной и темной мѣстной или національной хронологіи.

(1) Скалигеръ, Иделеръ и другіе первостепенные авторитеты считают это вѣроятнымъ. Самымъ сильнымъ, если не вполне убѣдительнымъ доводомъ въ пользу этого мнѣнія служить то, что *Августъ очевидно имѣлъ намысленіе возстановить мысль Юлія* и, ясно постигая недавнія неудобства, повелѣлъ, чтобы впредь высокосные года приходились въ нечетные годы отъ построенія города. Объ исправленіи римскаго лѣтосчисленія въ промежуткѣ пятидесяти двухъ лѣтъ, между преобразованиями Юлія и Августа, смотри сочиненіе Иделера *Handbuch der Mathematischen und Technischen Chronologie*, которое мы принимаемъ за руководство въ этой главѣ.

976. Разные народы, въ разные вѣки, считали свое время различно и отъ разныхъ эпохъ, поэтому весьма удобно, что астрономы и хронологи, принявъ юліанскую систему годовъ и мѣсяцевъ, вмѣстѣ съ тѣмъ согласились вести счетъ отъ одной общей и отдаленной эпохи, относительно которой, какъ начала времени, всѣ хронологическія эры опредѣляются простыми разностями. Эта эпоха есть полдень 1-го января 4713 г. до Р. X. и называется эпохою юліанскаго періода, или цикла, состоящаго изъ 7980 юліанскихъ годовъ. Чтобы понять происхожденіе этого періода, необходимо сперва объяснить три другіе подчиненные цикла, изъ которыхъ онъ составляется чрезъ взаимное умноженіе чиселъ соответствующихъ каждому изъ нихъ лѣтъ: таковы циклы *солнечный*, и *лунный* и циклъ *индиктовъ*.

977. *Солнечный циклъ* или кругъ состоитъ изъ 28 юліанскихъ годовъ, по истеченіи которыхъ тѣ же дни недѣли совпадаютъ съ тѣми же числами мѣсяца во все продолженіе года. Такъ какъ въ четырехъ юліанскихъ годахъ 1461 день, и число это не дѣлится на 7, то ясно, что ближайшее число лѣтъ, удовлетворяющее такому условію, получится по умноженіи 4-хъ лѣтняго промежутка на 7, т.-е. 28 лѣтъ. Чтобы опредѣлить мѣсто, занимаемое въ солнечноиъ кругѣ даннымъ годомъ, на-примѣръ 1849, нужно придать къ нему 9 и сумму раздѣлить на 28: остатокъ есть искомое число; 0 считается за 28.

978. *Лунный циклъ* или кругъ состоитъ изъ 19 лѣтъ или 235 лунныхъ мѣсяцевъ; разница между суммою послѣднихъ и 19-ю юліанскими годами въ $365\frac{1}{4}$ дня составляетъ только около полутора часа. Поэтому если мы предположимъ, что въ первый годъ цикла поволуніе было перваго января, то чрезъ 19 лѣтъ оно наступитъ или въ тотъ же день, или очень незадолго до его начала, или скоро послѣ его конца, а по прошествіи четырехъ такихъ цикловъ, или 76 лѣтъ, оно настанетъ почти навѣрное въ тотъ же день и не далѣе чѣмъ въ разстояніи полутора часа отъ момента перваго поволунія, и всѣ слѣдующія поволунія будутъ приходиться въ тѣ же дни мѣсяца какъ и въ теченіе предшествовавшаго

цикла. Этот 19-ти-лѣтній періодъ называется иногда *Метоновымъ* цикломъ, по имени афинскаго математика Метона, который открылъ его и оказалъ важную и достойно признанную услугу своимъ согражданамъ, приведя въ согласіе принятое Греками лунное счисленіе времени съ солнечнымъ. Въ награду за открытіе, Метону воздали публичныя почести: это обстоятельство ясно показываетъ, какъ неудобно употребленіе луннаго года для образованнаго народа, для котораго правильный и простой календарь составляетъ существенную житейскую потребность. Циклъ въ 76 лѣтъ, представляющій важное усовершенствованіе Метонова цикла, былъ предложенъ Каллипомъ, отчего и получилъ названіе *каллиппическаго*. Чтобы найти мѣсто даннаго года въ лунномъ кругѣ, или такъ-называемое *золотое число*, нужно приписать 1 къ цифрѣ года по Р. X. и раздѣлить ее потомъ на 19: остатокъ дѣленія будетъ искомое золотое число: оно равняется 19, когда увеличенная единицею цифра года дѣлится на 19 безъ остатка.

979. *Циклъ индиктовъ* есть 15-ти-лѣтній періодъ, бывшій въ употребленіи въ судилищахъ и въ податной системѣ Римской имперіи, при Константинѣ и его преемникахъ; въ послѣдствіи, онъ наравнѣ съ золотымъ числомъ вошелъ въ правило для опредѣленія времени пасхи и получилъ мѣсто въ церковномъ счисленіи. Чтобы найти мѣсто года въ кругѣ индиктовъ, нужно увеличить 3-ю цифру года и раздѣлить ее на 15: остатокъ покажетъ число индикта; если остатокъ 0, то это число будетъ 15.

980. Перемноживъ между собою числа 28, 19 и 15, мы получимъ 7980, и слѣдовательно по истеченіи періода или цикла въ 7980 лѣтъ годы всѣхъ трехъ круговъ должны повторяться снова въ прежнемъ порядкѣ, такъ что каждый изъ нихъ будетъ занимать то же мѣсто во всѣхъ трехъ кругахъ, какъ и соотвѣтствующій годъ предшествующаго періода. Такъ какъ разсматриваемыя три числа не имѣютъ общаго производителя, то очевидно, что во всемъ этомъ составномъ періодѣ не могутъ встрѣтиться два года одинаковые, по своему отношенію къ каждому изъ трехъ круговъ; слѣдователь-

но, показать мѣсто какого-либо года въ каждомъ изъ нихъ, значитъ опредѣлить число этого года въ длинномъ ряду періода, обнимающаго собою всю достовѣрную хронологію. Составленный такимъ образомъ періодъ изъ 7980 юліанскихъ годовъ называется юліанскимъ періодомъ, и оказался столь полезнымъ, что по рѣшительному признанію самыхъ свѣдущихъ авторитетовъ употребленіе его водворило свѣтъ и порядокъ въ хронологіи ⁽¹⁾. Изобрѣтеніе или возстановленіе этого періода принадлежитъ Юлифу Скалигеру, который заимствовалъ его въ Константинополѣ у Грековъ. Первый годъ текущаго юліанскаго періода или годъ, занимавшій первое мѣсто въ каждомъ изъ трехъ подчиненныхъ круговъ, былъ 4713 годъ до Р. Х., и полдень 1-го января этого года, по александрійскому меридіану, служитъ хронологическою эпохой, къ которой безъ труда приводятся все прочія историческія эры, посредствомъ вычисленія числа цѣлыхъ дней, истекшихъ между данною эпохою и александрійскимъ полднемъ перваго дня памятуемаго періода. Меридіанъ Александріи выбранъ потому, что Птоломей относитъ къ нему начало эры Набонассара, положенной въ основаніе всѣхъ его вычисленій.

981. Выше было показано, какимъ образомъ по данному числу года въ юліанскомъ періодѣ опредѣляется его мѣсто въ каждомъ изъ трехъ подчиненныхъ круговъ. Наоборотъ, чтобы по данному мѣсту года въ кругахъ солнечномъ, лунномъ и индиктовъ найти его число въ юліанскомъ періодѣ, должно умножить число года въ *солнечномъ кругѣ* на 4845, число года въ *лунномъ кругѣ* на 4200, и въ *кругѣ индиктовъ* на 6916, потомъ раздѣлить сумму произведеній на 7980: остатокъ дастъ искомое число года въ юліанскомъ періодѣ.

982. Въ слѣдующей таблицѣ показаны промежутки между важнѣйшими историческими эрами:

(1) Иделеръ, *Handbuch der Mathematischen und Technischen Chronologie*, т. I, с. 77.

Число дней, содержащихся между началом юлианского периода и некоторыми замечательными хронологическими и астрономическими эрами.

Название эры.	Первый день эры.	Хронологическое означение года.	Соответствующий год юлианского периода.	Число дней в промежуткѣ.
<i>Юлианскія эпохи.</i>	<i>Юлиан. числа</i>	<i>до Р. X.</i>		
Юлианскій періодъ.	1 января.	4713	1	0
Сотвореніе міра (Атеръ)	1 января.	4004	710	258 963
Эра потопа (Абулгассанъ Кушьяръ)	18 февраля.	3102	1612	588 466
Эра потопа по обыкновенному счисленію.	1 января.	2348	2366	863 817
Эра Авраама (Николасъ)	1 октября.	2015	2699	985 718
Раззореніе Трои (Николасъ)	12 іюля.	1184	3530	1 289 160
Освященіе храма Соломона	1 мая.	1015	3699	1 350 815
Олимпиады (средняя, общепринятая эпоха).	1 іюля.	776	3938	1 438 171
Построеніе Рима (эпоха Варрона)	22 апрѣля.	753	3961	1 446 502
Эра Набонассара.	26 февраля.	747	3967	1 448 638
Затмѣніе Фалеса.	28 мая.	585	4129	1 507 900
Затмѣніе въ Лариссѣ.	19 мая.	557	4157	1 518 118
Цикль Метона (астрономическая эпоха)	15 іюля.	432	4282	1 563 831
Цикль Каллиппа (астрономическая эпоха, Біо).	28 іюня.	330	4384	1 599 608
Эра Филиппа, или эра Филиппа Аридея.	12 ноябръ.	324	4390	1 603 398
Эра Селевкидовъ.	1 октября.	312	4402	1 607 739
Затмѣніе Агаокла.	15 августа.	310	4404	1 608 422
Кесарійская эра Антиоха	1 сентября.	49	4665	1 703 770
Юлианское преобразованіе календаря	1 января.	45	4669	1 704 987
Испанская эра.	1 января.	38	4676	1 707 544
Актіанская эра въ Римѣ.	1 января.	30	4684	1 710 466
Актіанская эра въ Александріи.	29 августа.	30	4684	1 710 706
		<i>по Р. X.</i>		
Эра Діонисія.	1 января.	1	4714	1 721 424
Эра Діоклетіана.	29 августа.	284	4997	1 825 030
Геджира (новолуніе, астрономическая эпоха)	15 іюля.	622	5335	1 948 439
Эра Ездегирда.	16 іюня.	632	5345	1 952 063
Затмѣніе въ Стикластадѣ.	31 августа.	1030	5743	2 093 155

Названіе эры.	Первый день эры.	Хронологическое означеніе года.	Соответствующій годъ юліанскаго періода.	Число дней въ промежуткѣ.
Геладіанская эра (Ипколасть).	14 марта.	1079	5792	2115285
Послѣдній день стараго стилиа (у католическихъ народовъ)	4 октября.	1582	6295	2229160
Послѣдній день стараго стилиа въ Англіи. . . .	2 сентября.	1752	6465	2361221
<i>Григоріанскія эпохи.</i>	<i>Григ. числа.</i>			
Новый стиль у католическихъ народовъ	15 октября.	1582	6295	2299161
Введеніе его въ Англіи.	14 сентября.	1752	6465	2361222
Начало XIX столѣтія; эпоха Католика звѣздъ Боде.	1 января.	1801	6514	2378862
Эпоха Католика звѣздъ Королевскаго Астрономическаго Общества. .	1 января.	1830	6543	2389454
Эпоха Католика звѣздъ Британскаго Общества.	1 января.	1850	6563	2396759

Примѣчаніе. Гражданскія эпохи Метонова цикла и Геджиры начинаются днемъ позднѣе чѣмъ астрономическія эпохи, ибо послѣднія совпадаютъ съ временемъ истиннаго новолунія, между тѣмъ какъ первыя соответствуютъ самому раннему дню, въ который можно увидать, подъ тропическимъ небомъ, лунный серпъ. Біо доказалъ, что не только солнцестояніе и новолуніе совпадаютъ съ показаннымъ здѣсь днемъ начала каллиппическаго цикла, но что, по счастливому стеченію обстоятельствъ, въ Аѳинахъ можно было видѣть лунный серпъ въ этотъ же самый день, считаемый отъ полуполночи до полночи.

983. Точное опредѣленіе величины промежутка между двумя данными сроками составляетъ предметъ весьма важный, и какъ очень нетрудно ошибиться, если при подобномъ вычисленіи не соблюдается надлежащій методъ, то слѣдующія пра-

вила, кажется, не будутъ неумѣстны. Впервыхъ должно замѣтить вообще, что число года, или дня мѣсяца всегда означаетъ годъ или день *текущій*, а не *минувшій*, и что опредѣленіе года означеніемъ до Р. Х. и по Р. Х. должно разсматривать какъ наименованіе года, а не просто какъ указаніе непрерывнаго числа, занимаемаго имъ въ ряду временъ. Такимъ образомъ 5 января 1 года до Р. Х. не значитъ, что прошло уже 5 дней этого года, но что минуло 4 дня, а пять сутокъ идутъ; а 1 г. до Р. Х. значитъ, что первый день этого года, перваго до Рождества Христова, наступилъ годомъ ранѣе нашей эры. Рядъ лѣтъ до Р. Х. и по Р. Х., какъ уже замѣчено, не непрерывный, ибо въ обоихъ счетахъ недостаетъ года 0; поэтому, принявъ наше обыкновенное счисленіе за правильное, выходитъ, что Спаситель родился въ 1 г. до Р. Х.

984. *Опредѣлить годъ юліанскаго періода (Ю. П.), соответствующій данному году до Р. Х., или по Р. Х.* Если годъ до Р. Х., то должно вычесть его число изъ 4714; а если по Р. Х., то должно придать его число къ 4713. Примеры смотри въ предыдущей таблицѣ.

985. *Опредѣлить день юліанскаго періода, соответствующій данному времени по старому стилю.* Сперва должно обратить по предыдущему правилу данный годъ до Р. Х., или по Р. Х., въ соответствующій годъ Ю. П. Вычтя изъ найденнаго числа 1 и раздѣливъ его потомъ на 4, получимъ частное Q и остатокъ R. Первое даетъ число полныхъ четырехъ-лѣтій, каждое въ 1461 день, а послѣдній показываетъ число остальныхъ годовъ, изъ которыхъ первый бываетъ всегда високосный. Послѣ сего обращаютъ въ дни Q, по первой изъ приложенныхъ таблицъ, а R—по второй: сумма ихъ покажетъ число дней, содержащихся въ промежуткѣ отъ юліанской эпохи до наступленія 1 января даннаго года. Число дней отъ начала 1 января до срока опредѣляется по третьей таблицѣ, изъ столбца для високоса, когда $R=0$, и изъ столбца для простаго года, когда $R=1, 2, 3$. Придавъ послѣднее число дней къ числу

дней въ суммѣ $P+Q$, найдемъ число дней, прошедшихъ отъ начала юліанскаго періода, а увеличивъ результатъ единицею, получимъ число текущаго дня.

ТАБЛИЦА I.

ТАБЛИЦА II.

Произведенія числа 1461, или числа дней, содержащихся въ юліанскомъ четырехлѣтїи.					
1	1461	4	5844	7	10227
2	2922	5	7305	8	11688
3	4383	6	8766	9	13149

Число дней въ остаточныхъ годахъ.	
0	0
1	366
2	731
3	1096

ТАБЛИЦА III.

Число минувшихъ дней отъ 1 января до 1-го числа каждаго мѣсяца.

	Въ простомъ году.	Въ высокосы.
1 января.	0	0
1 февраля.	31	31
1 марта.	59	60
1 апрѣля.	90	91
1 мая.	120	121
1 іюня.	151	152
1 іюля.	181	182
1 августа.	212	213
1 сентября.	243	244
1 октября.	273	274
1 ноября.	304	305
1 декабря.	334	335

Примѣръ. Какой день юліанскаго періода соотвѣтствуетъ послѣднему дню стараго стиля въ Англіи 2-го сентября 1752 по Р. X?

1752	1000 . .	1 461 000
4713	600 . .	876 600
6465 текущій годъ	10 . .	14 610
1	6 . .	8 776
4) 6464 истекшіе года	R=0 . .	0
Q = 1616	} отъ 1 янв. до 1 сент.	244
R = 0		отъ 1 сент. до 2 сент.
	прошло дней .	2 361 221
	текущій день .	2 361 222-й.

986. При рѣшеніи подобнаго вопроса для новаго стиля, должно разсматривать данное время какъ принадлежащее къ юліанскому счисленію, не обращая вниманія на перемѣну стиля, и потомъ вычесть изъ найденнаго результата.

Для чиселъ новаго стиля, предшествующихъ

1	марту	1700	года	.	.	.	.	.	10	дней
послѣ 28	февраля	1700	г. и прежде 1	марта	1800	г.			11	дней
—	»	—	1800	—	—	»	—	1900	12	дней
—	»	—	1900	—	—	»	—	2100	13	дней
и т. д.										

987. *Определить промежутокъ между двумя временами, данными по старому или по новому стилю, или одно по старому, а другое по новому стилю.* Нужно найти текущій день юліанскаго періода, соотвѣтствующій каждому времени: разность ихъ чиселъ дастъ величину искомаго промежутка. Если въ выраженіяхъ времени есть часы, минуты и секунды, то ихъ должно приписать къ соотвѣтствующимъ текущимъ днямъ и сдѣлать потомъ обыкновенное вычитаніе.

988. По юліанскому счисленію каждый безъ исключенія четвертый годъ высокосный. Такая поправка уже слиш-

комъ велика; она дѣлаетъ тропическій годъ равнымъ 365, 25 дня, а эта величина болѣе надлежащей, вслѣдствіе чего, по истеченіи 900 лѣтъ, накапливается ошибка въ 7 дней, какъ не трудно въ томъ убѣдиться. Поэтому уже въ 1414 г. замѣтили, что равноденствія постепенно отходятъ назадъ отъ 23 марта и 21 сентября, и наступаютъ слишкомъ рано, между тѣмъ какъ они должны были бы всегда совпадать съ этими днями, еслибъ юліанскій годъ былъ точенъ. Съ этого времени чувствовалась потребность въ новомъ преобразованіи календаря, которое и было наконецъ принято. Перемѣна ⁽¹⁾ совершилась при папѣ Григоріѣ XIII; она состояла въ опущеніи изъ счета 10 дней послѣ 4-го октября 1582 г., такъ что слѣдующій за тѣмъ день считался не 5-мъ, но 15-мъ, и въ обнародованіи вышеобъясненныхъ правилъ для руководства въ будущее время. Перемѣна была принята всѣми католическими государствами безотлагательно, но въ протестантскихъ странахъ она водворялась медленно. Въ Англіи такъ-называемая перемѣна стили послѣдовала 2-го сентября 1752 г.; послѣ этого дня исключили изъ счета 11 дней, такъ что послѣ послѣдняго дня по старому стилю, 2 сентября, слѣдующій первый день по новому стилю назывался не 3, а 14 сентября. Тѣмъ же законодательнымъ постановленіемъ, которымъ вводилось въ Англію григоріанское счисленіе въ 1752 г., предыдущій 1751 годъ былъ укороченъ на цѣлую четверть. До этого времени годъ начинался съ 25 марта; такъ начался и 1751 годъ, но его не довели до конца и прервали 1 января 1752-мъ годомъ, который, какъ и всѣ послѣдующіе, стали начинать съ этого дня. Такимъ обра-

⁽¹⁾ Григоріанское преобразованіе было не вполне удовлетворительно. Слѣдовало опустить не 10 дней, но 12. Отъ 1 января по Р. X. до 1 января 1582 года прошло по юліанскому счисленію 577 460 дней, а считая тропическими годами—577 448, съ ошибкою не болѣе 04, 01; еслибъ опустили всѣ 12 дней разницы, то юліанская эпоха была бы восстановлена вполне. Папа Григорій избралъ за начало не эту эпоху, но ту, которая была позднѣе на 324 года, а именно 1 января 325 г. по Р. X., годъ Никейскаго собора; отчего разность между обоими счисленіями составляла только 94, 505, которая и была замѣнена ближайшимъ цѣлымъ числомъ 10.

зомъ 1751 годъ сдѣлался англійскимъ annus confusionis и заключалъ въ себѣ только 282 дня. Въ Европѣ по старому стилю считаютъ теперь только въ Россіи, и такъ какъ минуло еще столѣтіе, то разность между европейскимъ и русскимъ счисленіемъ дошла теперь до 12 дней.

989. Къ счастію для астрономіи, сбивчивость во времени и несогласныя противорѣчія, встрѣчаемыя слишкомъ часто въ историческихъ показаніяхъ, по сличеніи ихъ съ самыми достовѣрными свѣдѣніями о древнихъ счисленіяхъ времени, имѣютъ мало вліянія на дошедшія до насъ наблюденія. Астрономическое наблюденіе какого-либо поразительнаго и рѣзко опредѣленнаго явленія заключаетъ, по большей части, въ себѣ самомъ обильныя средства для возстановленія точнаго времени, если оно обозначено приближенно въ хронологическихъ преданіяхъ. Такое наблюденіе не только не подчинено темнымъ и часто противорѣчивымъ показаніямъ времени, но свидѣтельству древнихъ писателей, но доставляетъ самое вѣрное и убѣдительное средство для точнаго опредѣленія хронологической эпохи. Такъ, напримѣръ, при настоящемъ совершенствѣ лунной теоріи, можно вычислить за нѣсколько тысячъ лѣтъ назадъ замѣчательныя затмѣнія, не допуская ошибки въ одинъ день во времени событія. Когда преданіе о такомъ затмѣніи связано въ разсказѣ древняго писателя съ какимъ-нибудь историческимъ происшествіемъ, когда показано сколько прошло времени отъ затмѣнія до происшествія, и вмѣстѣ съ тѣмъ даны признаки, по которымъ можно безошибочно распознать явленіе, тогда время происшествія опредѣлено навсегда. Этимъ путемъ найдены времена четырехъ замѣчательныхъ полныхъ затмѣній Солнца, внесенныя какъ эпохи въ хронологическую таблицу § 982. Они служили поводомъ (по крайней мѣрѣ одно изъ нихъ) многихъ преній и разнорѣчивыхъ мнѣній между астрономами, но наконецъ Эйри окончательно рѣшилъ споръ при помощи изданныхъ недавно Гансеномъ лунныхъ таблицъ, которыхъ крайняя точность вполне оправдываетъ довѣріе къ основаннымъ на нихъ результатамъ.

990. По сказанію Геродота, солнечное затмѣніе, из-

вѣстное подъ названіемъ затмѣнія Фалеса, было предсказано этимъ философомъ и послужило причиною къ прерванію битвы Мидянъ съ Лидійцами, что повело къ заключенію міра. Бэйли ясно доказалъ, что только полное затмѣніе могло обратить на себя вниманіе сражающихся; въ весьма-замѣчательной запискѣ объ этомъ предметѣ (*Philosoph. Transact.* 1831 г.), ученый астрономъ, основываясь на лучшихъ лунныхъ таблицахъ того времени, показалъ, что упомянутое затмѣніе тождественно съ затмѣніемъ 30-го сентября 610 года до Р. Х., которое, слѣдуя таблицамъ, должно было пройти чрезъ устье рѣки Галиса, гдѣ, по принятому безъ основательныхъ доказательствъ мнѣнію, происходило сраженіе. Олмансъ пришелъ къ тому же заключенію и дѣло считалось рѣшеннымъ. Но по таблицамъ Гансена путь тѣни этого затмѣнія совсѣмъ выступаетъ изъ границъ Малоі Азіи и даже проходитъ сѣвернѣе Азовскаго моря. Съ другой стороны, затмѣніе 585 г. до Р. Х., также полное, согласно этимъ таблицамъ, должно было пройти надъ Иисусомъ, такою мѣстностію, которая еще лучше Галиса удовлетворяетъ всѣмъ обстоятельнымъ и существеннымъ военнымъ условіямъ разсказа, и потому нѣтъ сомнѣнія, что здѣсь произошла битва.

991. Полное солнечное затмѣніе, которое было наблюдаемо на флотѣ Агаокла во второй день пути къ мысу Бону, во время бѣгства изъ Сиракузъ, осажденныхъ Карфагенянами, было изслѣдовано Бэйли въ той же запискѣ; на основаніи тогдашнихъ таблицъ, оказалось невозможнымъ согласить его съ 340 годомъ до Р. Х., въ томъ предположеніи, что *время предыдущаго затмѣнія определено въ точности*. Но мы показали ошибочность этого мнѣнія; тѣмъ удовлетворительнѣе было убѣдиться, основываясь на весьма-здравомысленныхъ и естественныхъ соображеніяхъ касательно путешествія Агаокла, что полное затмѣніе, которое въ означенное время несомнѣнно прошло въ очень-близкомъ разстояніи отъ южнаго берега Сициліи, могло настигнуть флотъ, и что никакое другое затмѣніе не соотвѣтствуетъ этимъ условіямъ.

992. По сказанію Геродота, затмѣніе въ Лариссѣ,

распространивъ собою страхъ на Мидянъ, защищавшихъ этотъ азіатскій городъ, доставило успѣхъ осаждавшему его Персамъ. Лэйардъ удовлетворительно доказалъ, что положеніе Лариссы совпадаетъ съ Нимрудомъ; еще существуютъ близъ самаго этого мѣста остатки каменной пирамиды, упоминаемой Ксенофонтъ (самый городъ построенъ на каменномъ основаніи изъ обожженного кирпича), а сосѣдній замокъ Меспила (Мосуль) построенъ, согласно показанію греческихъ историковъ, изъ раковистаго камня. По таблицамъ Гансена, полное солнечное затмѣніе 15 августа 910 до Р. Х. *прошло централью черезъ Нимрудъ*. Полная тѣнь покрывала собою въ этомъ случаѣ весьма обширное пространство, имѣющее въ діаметрѣ не болѣе 38 верстъ, и потому намъ представляется здѣсь данное, имѣющее, не смотря на столь-отдаленное время, всю точность самыхъ тщательныхъ новѣйшихъ наблюденій, которое не только служитъ для опредѣленія хронологической эпохи, но и даетъ намъ исходную точку для исторіи луннаго движенія. Стиклададское затмѣніе не имѣетъ важнаго историческаго значенія ⁽¹⁾.

993. Распредѣливъ такимъ образомъ дни на года, для полнаго познанія времени, остается еще установить способъ отличать каждый день, обозначая его общезвѣстнымъ и общепотребительнымъ именемъ. Но особыя названія для всѣхъ дней года, по причинѣ ихъ многочисленности, отяготили бы память, и потому всѣ народы чувствовали потребность разбить дни года на меньшія группы, дать имя каждой группѣ и отличить содержащіяся въ нихъ дни числомъ или какимъ-либо инымъ обозначеніемъ. Во многихъ случаяхъ обратились къ лунному мѣсяцу, и нѣкоторые народы избрали для своей хронологіи предпочтительно лунное счисленіе вмѣсто солнечнаго; Турки и Евреи до нашего времени употребляютъ годъ въ 12 лунныхъ мѣсяцевъ или въ 354 дня. Наше раздѣленіе года на двѣнад-

(1) Солнечное затмѣніе, случившееся въ первый годъ Пелопонесской войны, было въ Афинѣхъ полное, пбо, по свидѣтельству Фукидида, показались звѣзды, и заслуживало бы новаго вычисленія. Смотри Гейса, который полагаетъ, что затмѣніе не было полное, и что затмѣенныя звѣзды были планеты.

пать неравныхъ мѣсяцевъ совершенно произвольно, и нерѣдко причиняетъ замѣшательство по сбивчивости между луннымъ и календарнымъ мѣсяцемъ. Вставочный день присоединяется къ февралю, какъ кратчайшему изъ мѣсяцевъ.

994. Астрономическое время считается отъ полдня текущаго дня, а гражданское отъ предшествовавшей полночи, такъ что оба числа совпадаютъ вмѣстѣ только въ первую половину астрономическихъ и въ послѣднюю половину гражданскихъ сутокъ. Для отвращенія этого неудобства стоило бы только перенести эпоху астрономическихъ сутокъ въ начало сутокъ гражданскихъ. Но есть еще другое неудобство, общее обоимъ, и зависящее отъ свойства самыхъ сутокъ, которыя составляютъ явленіе мѣстное, и подъ разными меридіанами начинаются въ различныя мгновенія абсолютнаго времени, станемъ ли мы вести счетъ съ полдня, съ полночи, съ восхожденія или съ захожденія Солнца. Вслѣдствіе этого, при всѣхъ астрономическихъ наблюденіяхъ, для сравненія ихъ между собою, кромѣ соотвѣтствующаго имъ времени, нужно еще означать долготу мѣста наблюденія, относительно каго-нибудь меридіана, предпочитаемаго всѣми астрономами. Для географическихъ долготъ избранъ общимъ меридіаномъ островъ Ферро, по своей незначительности неоскорбительный для самолюбія всѣхъ народовъ. Еслибъ астрономы послѣдовали такому примѣру, то вѣроятно ихъ выборъ палъ бы на Александрію, къ меридіану которой отнесены наблюденія и вычисленія Птолемея. Александрія заслуживаетъ поэтому общаго уваженія, не оскорбляя сдѣланнымъ ей предпочтеніемъ ничьего народнаго самолюбія. Но и подобное соглашеніе не вполне устранило бы затрудненіе. Все еще подлежало бы сомнѣнію, какой день означается даннымъ числомъ подъ меридіаномъ, удаленнымъ отъ Александріи на 180° . Что бы мы ни дѣлали, до тѣхъ поръ пока время считается мѣстными часами, всегда можетъ случиться, что когда въ одной части свѣта былъ понедѣльникъ 1 января 1849 года, тогда въ другой части свѣта было воскресенье 31 декабря 1848 года. Этого двусмыслія и этой необходимости вводить географическое положеніе какъ элементъ для

обозначенія времени можно избѣжать только при помощи такого счисленія времени, которое ведетъ свое начало отъ дѣйствительнаго или воображаемаго событія, общаго всему земному шару. Таково, напримѣръ, прохожденіе Солнца чрезъ точку весенняго равноденствія, или прохожденіе воображаемаго, совершенно равномѣрно движущагося Солнца чрезъ воображаемую точку весенняго равноденствія, свободную отъ всѣхъ неправильностей колебанія, и отступающую по эклиптикѣ совершенно равномѣрно. Истинное равноденствіе подлѣжитъ измѣненіямъ не только отъ дѣйствія колебанія, но также и отъ неправильностей въ предвареніи, возникающихъ вслѣдствіе перемѣщенія плоскости эклиптики отъ возмущающаго вліянія планетъ. Оба измѣненія періодическія; одно совершаетъ весь свой кругъ въ скоротечный 19-ти-лѣтній періодъ, а другое—въ періодъ неимовѣрно долгій, доселѣ еще невычисленный и для котораго величины наибольшихъ уклоненій еще неизвѣстны. Поэтому, съ перваго взгляда, казалось бы невозможнымъ основать на движеніи Солнца совершенно равномѣрное измѣреніе времени. Но простое соображеніе удостовѣряетъ насъ въ противномъ. Солнечныя таблицы, представляющія почти съ совершенною точностію положенія Солнца на небѣ съ древнѣйшихъ вѣковъ до настоящаго времени, составлены на основаніи предположенія, что уголъ, называемый *среднею долготою Солнца*, возрастаетъ съ теченіемъ времени въ строгомъ смыслѣ равномѣрно. Средняя долгота Солнца есть сумма средняго звѣзднаго движенія Солнца, сложеннаго съ среднимъ звѣзднымъ движеніемъ равноденствія въ противоположную сторону, опредѣленнымъ съ тою степенью точности, съ которою это движеніе выводится изъ двадцати-пяти-вѣковыхъ наблюденій. Поэтому превращеніе такой средней долготы во время, полагая по 360° на средній тропическій годъ, какъ принимается въ таблицахъ, доставитъ намъ искомую единицу времени и средство для равномѣрнаго измѣренія его промежутковъ. Оно дастъ намъ также эпоху, хотя и не обозначенную, правда, истиннымъ событіемъ, но тѣмъ не менѣе положительно опредѣленную, ибо чрезъ по-

средство таблицъ она связана со всѣми наблюденіями Солнца на основаніи которыхъ эти таблицы составлены и съ которыми онѣ были сравниваемы.

995. Таково простѣйшее отвлеченное понятіе о равноденственномъ времени. Оно есть средняя долгота Солнца, по *избраннымъ таблицамъ*, превращенная во время, полагая по 360° на тропическій годъ. Единицею служитъ здѣсь выведенный изъ этихъ таблицъ, а не иной какой-либо тропическій годъ, а эпохою—среднее табличное весеннее равноденствіе, или то мгновеніе, въ которое средняя долгота, по таблицамъ, въ точности равняется 0, сообразно съ тѣми величинами средняго движенія Солнца и равноденствія, эпохи и средней долготы, и съ тѣмъ положеніемъ точки равноденствія, на основаніи которыхъ были вычислены избранныя, а не *какія-либо иныя* таблицы. Для полной опредѣленности понятія остается только рѣшить выборъ таблицъ. Последнія должны быть весьма совершенны и признаны таковыми, ибо по самой сущности понятія очевидно, что *въ послѣдствіи никакія измѣненія не могутъ быть допущены даже и тогда, когда непрерывные успѣхи астрономіи обнаружатъ, что нѣкоторые или все принятые элементы заключаютъ въ себѣ маленькія ошибки (какъ то необходимо должно быть), и когда соответствующія имъ поправки будутъ найдены* (впредь до новаго исправленія при дальнѣйшемъ усовершенствованіи науки).

996. При введеніи этого способа счисленія ⁽¹⁾, въ 1828 г., таблицы Деламбра, казалось, заслуживали подобнаго отличія. По этимъ таблицамъ средняя долгота Солнца равнялась 0° , т.-е. среднее весеннее равноденствіе наступило, въ 1828 году, 22 марта въ $1^h 12^m 59^s$, 05 средняго гринвичскаго времени, или въ $1^h 12^m 20^s$, 65 средняго парижскаго времени, или въ $1^h 56^m 34^s$, 55 средняго берлинскаго времени; слѣдовательно въ это мгновеніе равноденственное время было $0^h, 0^m, 0^s, 00$, и начался текущій 1828-й равноденственный годъ,

(1) По предложенію автора этой книги.

если счетъ ведется отъ средняго табличнаго равноденствія, ближайшаго къ обыкновенной эрѣ, или 6541-й годъ юліанскаго періода, если счетъ ведется отъ перваго года этого періода.

997. Итакъ равноденственное время начинается съ средняго весенняго равноденствія по солнечнымъ таблицамъ Делабра, и единицею служить въ немъ средняя величина тропическаго года, $365^{\text{д}}, 242264$, по тѣмъ же таблицамъ. Поэтому дробная часть дня, выражающая разность между равноденственнымъ и какимъ-либо мѣстнымъ, наиримѣръ гриничскимъ, временемъ въ какой-либо день между двумя послѣдовательными весенними равноденствіями, остается неизмѣнною для всѣхъ дней этого промежутка. Такъ, наиримѣръ, отъ весенняго равноденствія 1828 г. до весенняго равноденствія 1829 г. разность между равноденственнымъ и гриничскимъ временемъ равняется $0^{\text{д}}, 956261$ или $0^{\text{д}} 22^{\text{ч}} 57^{\text{м}} 0^{\text{с}}, 95$; это число выражаетъ день, часъ, минуту и секунду равноденственнаго времени, соотвѣтствующаго среднему гриничскому полдню 23 марта 1828, для всѣхъ же послѣдующихъ полдней 24, 25, и т. д., до 22 марта 1829 г. включительно, нужно только $0^{\text{д}}$ замѣнять 1, 2, 3. и т. д. днями, а десятичная часть дня остается одна и та же. Между гриничскими полднями 22 и 23 марта оканчивается 1828-й равноденственный годъ и начинается 1829-й. Годъ кончился въ $0^{\text{д}}, 286003$, или въ $6^{\text{ч}} 51^{\text{м}} 50^{\text{с}}, 66$ средняго гриничскаго времени; отъ этого часа до слѣдующаго гриничскаго полдня гриничское время, приданное къ равноденственному времени $364^{\text{д}}, 956261$ составляетъ болѣе цѣлаго года $365, 242264$, и потому послѣдній должно вычесть, чтобы найти равноденственное время слѣдующаго года, соотвѣтствующее гриничскому времени. Такъ, наиримѣръ, въ $12^{\text{ч}} 0^{\text{м}} 0^{\text{с}}$ средняго гриничскаго времени, или въ $0^{\text{д}}, 500000$, равноденственное время будетъ $364, 956261 + 0, 500000 = 365, 456261$; это болѣе $365, 242264$, а потому текущій равноденственный годъ уже начался, и вычтя послѣднее число изъ $365, 456261$, мы найдемъ $0^{\text{д}}, 213997$ для выраженія равноденственнаго времени текущаго 1829 года, соотвѣтствующаго 22 марта, $12^{\text{ч}}$ средняго гриничскаго времени.

998. Зная для какого-нибудь года дробную часть дня, выражающую часть, минуту и секунду равноденственного времени въ средній полдень даннаго мѣста, мы найдемъ эту часть для послѣдующихъ годовъ чрезъ вычитаніе изъ нея дроби 0,242264 и ея кратныхъ произведеній (увеличивъ въ случаѣ надобности уменьшаемое единицею), а для предшествующихъ годовъ—чрезъ сложеніе ея съ этими произведеніями. Такъ наиримѣръ, зная, что для 1827 г. дробная часть равняется 0,198525, для слѣдующихъ годовъ до 1863, найдемъ слѣдующія дроби ⁽¹⁾:

(1) Эти числа отличны отъ чиселъ въ *Nautical Almanac* и должны бы замѣнить собою послѣднія, при томъ понятіи о равноденственномъ времени, которое изложено выше. Въ 1828—1833 годахъ ученый издатель этой эфемериды пользовался равноденствіемъ, немного разнящимся отъ равноденствія Деламбра, чѣмъ и объясняется различіе въ этихъ годахъ. Въ 1834 г., при опредѣленіи дроби 1834 г. изъ дроби 1833 г., было допущено, какъ кажется, отступленіе отъ правилъ, изложенныхъ въ текстѣ, и отъ обычая эфемеридъ, которое соблюдается до настоящаго времени. Оно заключается въ томъ, что средняя долгота по Деламбру была замѣнена величиною, исправленною Бесселемъ. Вслѣдствіе такого измѣненія, было вставлено $3^m 3^s, 68$ *воображаемаго времени* между концемъ равноденственного 1833 года и началомъ равноденственного 1834 года; или, другими словами, промежутокъ между 22 и 23 марта 1834 г., считаеый по равноденственному времени, былъ сдѣланъ равнымъ $24^h 3^m 3^s, 68$. Въ 1835 и послѣдующихъ годахъ было допущено новое отступленіе, и тропическій годъ Деламбра замѣненъ годомъ Бесселя въ 365^д, 2422175. Такимъ образомъ все счисленіе приведено въ безпорядокъ. Теперь принята для равноденственного года величина 365,242216 среднихъ солнечныхъ дней, которая вѣроятно будетъ удержана въ послѣдствіи, и предложены поправки, посредствомъ которыхъ счисленіе въ 1828 и 1834 годахъ можетъ быть приведено въ согласіе съ счисленіемъ въ послѣдующіе года. На этомъ основаніи дробныя части для 1828—1863 годовъ будутъ слѣдующія:

1828	0,958321	1837	0,778377	1846	0,598433	1855	0,418489
1829	0,716105	1838	0,536161	1847	0,356217	1856	0,176273
1830	0,473889	1839	0,293945	1848	0,114001	1857	0,934057
1831	0,231673	1840	0,051729	1849	0,871785	1858	0,691841
1832	0,989457	1841	0,809513	1850	0,629569	1859	0,449625
1833	0,747241	1842	0,567297	1851	0,387353	1860	0,207409
1834	0,505025	1843	0,325081	1852	0,145137	1861	0,965013
1835	0,262809	1844	0,082865	1853	0,902921	1862	0,722977
1836	0,020593	1845	0,840649	1854	0,660705	1863	0,480761.

1828	0,956261	1846	0,595509
1829	0,713997	1847	0,353245
1830	0,471733	1848	0,110981
1831	0,229469	1849	0,868717
1832	0,987205	1850	0,626453
1833	0,744941	1851	0,384189
1834	0,502677	1852	0,141925
1835	0,260413	1853	0,899661
1836	0,018149	1854	0,657397
1837	0,775885	1855	0,415133
1838	0,533621	1856	0,172869
1839	0,291357	1857	0,930605
1840	0,049093	1858	0,688341
1841	0,806829	1859	0,446077
1842	0,564565	1860	0,203813
1843	0,322301	1861	0,961549
1844	0,080037	1862	0,719285
1845	0,837773	1863	0,471021

К О Н Е Ц Ъ.

П Р И Л О Ж Е Н І Я .



I.

Списокъ звѣздъ съ обозначеніемъ ихъ величинъ по
обыкновенному и фотометрическому масштабу.

1. СѢВЕРНЫЯ ЗВѢЗДЫ.

	ВѢЛИЧИНА.	
	ОБЫКНОВЕН.	ФОТОМЕТР.
Арктуръ.	0,77	1,18
Капелла.	1,0	1,4
α Дри.	1,0	1,4
Прокіонъ.	1,0	1,4
α Оріона.	1,0	1,43
Алдебаранъ.	1,1	1,5
α Ора.	1,28	1,69
Поллуксъ.	1,6	2,0
Регулъ.	1,6	2,0
α Лебедя.	1,90	2,31
Касторъ.	1,94	2,35
ε Большой Медвѣдцы (перем.).	1,95	2,36
α Большой Медвѣдцы (перем.).	1,96	2,37
α Персея.	2,07	2,48
η Большой Медвѣдцы (перем.).	2,18	2,59
γ Оріона.	2,18	2,59
β Тельца.	2,28	2,69
Полярная.	2,28	2,69
γ Льва.	2,34	2,75
α Овна.	2,40	2,81
ζ Большой медвѣдцы.	2,43	2,84
β Андромеды.	2,45	2,86
β Возничаго.	2,48	2,89
γ Андромеды.	2,50	2,91
γ Кассіопеи.	2,52	2,93
α Андромеды.	2,54	2,95
α Кассіопеи.	2,57	2,98
γ Близнецовъ.	2,59	3,00
Алголъ (перем.).	2,62	3,03
ε Пегаса.	2,62	3,03
γ Дракона.	2,62	3,03
β Льва.	2,63	3,04

ВѢЛИЧИНА.

ОБЫКНОВЕН. ФОТОМЕТР.

α Змѣноспа.	2,63	3,04
β Кассіопей.	2,63	3,04
γ Лебедя.	2,63	3,04
α Пегаса.	2,65	3,06
β Пегаса.	2,65	3,06
α Вѣнца.	2,69	3,10
γ Большой Медвѣдцы.	2,71	3,12
β Большой Медвѣдцы.	2,77	3,18
ε Пастуха.	2,80	3,21
ε Лебедя.	2,88	3,29
α Кефея.	2,90	3,31
α Змѣя.	2,92	3,33
δ Льва.	2,94	3,35
γ Орла.	2,98	3,39
δ Кассіопей.	2,99	3,40
η Пастуха.	3,01	3,42
η Дракона.	3,02	3,43
β Дракона.	3,06	3,47
β Овна.	3,09	3,50
γ Пегаса.	3,11	3,52
ε Дѣвы ?	3,14	3,55
θ Возничаго.	3,17	3,58
β Геркулеса.	3,18	3,59
α Гончихъ Собакъ.	3,22	3,63
β Змѣноспа.	3,23	3,64
δ Лебедя.	3,24	3,65
ε Персея.	3,26	3,67
η Тельца ?	3,26	3,67
ζ Персея.	3,27	3,68
ζ Геркулеса.	3,28	3,69
ι Возничаго.	3,29	3,70
γ Малой Медвѣдцы.	3,30	3,71
η Пегаса.	3,31	3,72
ξ Орла.	3,32	3,73
β Лебедя.	3,33	3,74
γ Персея.	3,34	3,75
μ Большой Медвѣдцы.	3,35	3,76
β Сѣвернаго Трѣугольника.	3,35	3,76
δ Персея.	3,36	3,77
ψ Большой Медвѣдцы.	3,36	3,77

		Величина.	
		обыкновен.	фотометр.
ε Возничего (перем.).	.	3,37	3,78
γ Рыси.	.	3,39	3,80
ξ Дракона.	.	3,40	3,81
π Геркулеса.	.	3,41	3,82
β Малаго Пса?	.	3,41	3,82
ξ Тельца.	.	3,42	3,83
δ Дракона.	.	3,42	3,83
μ Близнецовъ.	.	3,42	3,83
γ Пастуха.	.	3,43	3,84
ε Близнецовъ.	.	3,43	3,84
δ Геркулеса.	.	3,44	3,85
δ Близнецовъ.	.	3,44	3,85
γ Ориона.	.	3,45	3,86
β Кефея.	.	3,45	3,86
θ Большой Медвѣдцы.	.	3,45	3,86
ε Большой Медвѣдцы.	.	3,46	3,87
γ Возничего.	.	3,46	3,87
γ Лры.	.	3,47	3,88
γ Близнецовъ.	.	3,48	3,89
γ Кефея.	.	3,48	3,89
× Большой Медвѣдцы.	.	3,49	3,90
ε Кассіопея.	.	3,49	3,90
θ Орла.	.	3,50	3,91

2. Южные звѣзды.

Спріусъ.	0,08	0,49
η Аргуса (перем.).	—	—
Капюсъ.	0,29	0,70
× Кентавра.	0,59	1,00
Ригель.	0,82	1,23
× Еридана.	1,09	1,50
β Кентавра.	1,17	1,58
× Креста.	1,2	1,6
Антаресъ.	1,2	1,6
Колосъ Дѣвы.	1,38	1,79
Фомалгаутъ.	1,54	1,95
β Креста.	1,57	1,98
× Журавля.	1,66	2,07
γ Креста.	1,73	2,14

ВЕЛИЧИНА.

	ОБЫКНОВЕН.	ФОТОМЕТР.
ε Ориона.	1,84	2,25
ε Большаго Пса.	1,86	2,27
λ Скорпіона.	1,87	2,23
ξ Ориона.	2,01	2,42
ρ Аргуса.	2,03	2,44
γ Аргуса.	2,08	2,49
ε Аргуса.	2,18	2,59
α Южнаго Треугольника.	2,23	2,64
ε Стрѣльца.	2,26	2,67
θ Скорпіона.	2,29	2,70
α Гидры.	2,30	2,71
δ Большаго Пса.	2,32	2,73
α Павла.	2,33	2,74
ρ Журавля.	2,36	2,77
σ Стрѣльца.	2,41	2,82
δ Аргуса.	2,42	2,83
ρ Кита.	2,46	2,87
λ Аргуса.	2,46	2,87
θ Кентавра.	2,54	2,95
ρ Большаго Пса.	2,58	2,99
κ Ориона.	2,59	3,00
δ Ориона.	2,61	3,02
γ Кентавра.	2,68	3,09
ε Скорпіона.	2,71	3,12
ξ Аргуса.	2,72	3,13
α Феникса.	2,78	3,19
ι Аргуса.	2,80	3,21
α Волка.	2,82	3,23
ε Кентавра.	2,82	3,23
η Большаго Пса.	2,85	3,26
ρ Водолея.	2,85	3,26
δ Скорпіона.	2,86	3,27
η Змѣносна.	2,89	3,30
γ Ворона.	2,90	3,31
κ Скорпіона.	2,91	3,32
η Кентавра.	2,91	3,32
κ Аргуса.	2,94	3,35
ρ Ворона.	2,95	3,36
ρ Скорпіона.	2,96	3,37
ξ Кентавра.	2,96	3,37

ВЕЛЧИНА.

	ОБЫКНОВЕН.	ФОТОМЕТР.
ζ Змѣноса.	2,97	3,38
α Водолея.	2,97	3,38
π Аргуса.	2,98	3,39
δ Кентавра.	2,99	3,40
α Зайца.	3,00	3,41
δ Змѣноса.	3,00	3,41
ζ Стрѣльца.	3,01	3,42
π Змѣноса.	3,05	3,46
β Вѣсовъ.	3,07	3,48
γ Дѣвы.	3,08	3,49
μ Аргуса.	3,08	3,49
δ Стрѣльца.	3,11	3,52
α Вѣсовъ.	3,12	3,53
λ Стрѣльца.	3,13	3,54
β Волка.	3,14	3,55
α Голубя.	3,15	3,56
ι Кентавра.	3,20	3,61
δ Козерога.	3,20	3,61
δ Ворона.	3,22	3,63
β Еридана.	3,26	3,67
θ Аргуса.	3,26	3,67
β Гидры.	3,27	3,68
ε Ворона.	3,28	3,69
з Жертвенника.	3,31	3,72
α Тукана.	3,32	3,73
β Козерога.	3,32	3,73
μ Аргуса.	3,32	3,73
π Скорпиона.	3,35	3,76
β Зайца.	3,35	3,76
γ Волка.	3,36	3,77
υ Скорпиона.	3,37	3,78
ι Ориона.	3,37	3,78
α Жертвенника.	3,40	3,81
π Стрѣльца.	3,40	3,81
α Мухи.	3,43	3,84
α Гидры?	3,44	3,85
τ Скорпиона.	3,44	3,85
ζ Гидры.	3,45	3,86
γ Гидры.	3,46	3,87
β Южнаго Треугольника.	3,46	3,87
σ Скорпиона.	3,50	3,91
τ Аргуса.	3,50	3,91

II.

Синоптическая таблица элементов планетной системы.

1. Большая тѣла системы.

a означаетъ среднее разстояніе отъ Солнца, принимая за единицу разстояніе Земли отъ Солнца;

P —средній звѣздный періодъ обращенія, выраженный въ среднихъ солнечныхъ суткахъ;

e — эксцентрицитетъ въ десятичныхъ частяхъ полуоси;

i — наклоненіе орбиты къ эклиптикѣ;

Ω — долготу восходящаго узла;

π — долготу перигелія;

L — среднюю долготу планеты въ эпоху для которой даны элементы, т. е. въ полдень 1 января 1856 г. для Нептуна и въ полдень 1 января 1801 г. для всѣхъ прочихъ планетъ;

M — знаменателя дроби, выражающей массу планеты, принимая за единицу массу Солнца;

D — діаметръ въ верстахъ;

Δ — плотность, принимая за единицу плотность Земли;

F — время обращенія на осн, выраженное въ часахъ звѣзднаго времени;

d — средній угловой экваторіальный діаметръ планеты, при ея среднемъ разстояніи отъ Земли, выраженный въ секундахъ;

ϵ — сжатіе сфероида, въ частяхъ экваторіальнаго діаметра;

γ — наклоненіе осн вращенія къ плоскости эклиптики;

H — среднюю напряженность свѣта и тепла, получаемыхъ планетою отъ Солнца, принимая за единицу количество свѣта и тепла получаемое Землею.

	<i>a.</i>	<i>P.</i>	<i>e.</i>	<i>i.</i>	Ω .	π .	<i>L.</i>
♀ Меркурий.	0,3870981	87,9692580	0,2056163	7° 0' 9", 1	45° 57' 30", 9	74° 21' 46", 9	166° 0' 48", 6
♀ Венера.	0,7233316	224,7007869	0,0068613	3 23 28,5	74 54 12, 9	128 43 53, 1	11 33 3, 0
♂ Земля.	1,0000000	365,2563612	0,0167922		— — —	99 30 5, 0	100 39 10, 2
♂ Марс.	1,5238923	686,9796458	0,0932168	1 51 6,2	48 0 5, 5	332 23 56, 6	64 22 55, 5
♀ Юпитер.	5,2027760	4332,5848212	0,0481621	1 18 51,3	48 26 18, 9	11 8 34, 6	112 15 23, 0
♂ Сатурн.	9,5387861	10759,21981741	0,0561505	2 29 53,7	111 56 38, 4	89 9 29, 8	135 20 6, 5
♂ Уран.	19,1823900	30686,82082963	0,0466108	0 46 28,4	72 59 35, 3	167 31 16, 1	177 48 23, 0
♂ Нептун.	30,0362690	60126,170	0,0087192	1 46 59,0	130 11 52, 5	47 19 38, 5	348 21 5, 0

	<i>M.</i>	<i>D.</i>	<i>d.</i>	Δ .	<i>F.</i>	γ .	<i>H.</i>	ε .
Солнце.	1	1330560	1923", 64	0,25	607 ^h 48 ^m	82° 40' —	45,940	
Меркурий.	4865751	4802	6, 89	1,14	21 5	— — —	6,674	
Венера.	404839	12231	17, 55	0,84	23 21	— — —	1,911	
Земля.	359551	11956,403	— — —	1,00	24 0 0	66 32 6"	1,000	1/298
Марс.	2680337	6888	6, 46	0,72	24 37	59 41 49	0,431	1/62
Юпитер.	1047,871	136879	37, 91	0,24	9 55 27	86 54 30	0,036	1/16,83
Сатурн.	3501,600	115845	17, 50	0,11	10 29 17	61 49 —	0,011	
Уран.	20470	53263	3, 91	0,20	— — —	— — —	0,003	
Нептун.	18780 ?	60030 ?	2, 88	0,15	— — —	— — —	0,001	

2. А С Т Е

Въ прилагаемую таблицу включены элементы планетъ откры-
 обращенія и средняго разстоянія

φ — уголъ эксцентритета, составляемый малою осью

μ — среднее суточное

la — логарифмъ большой

E — эпоха по берлинскому

		L	π	Ω
1	Церера	188° 8' 24",0	148° 57' 24",2	89° 48' 23",2
2	Паллада	162 19 24,2	122 16 49,8	172 40 56,4
3	Юнона	91 30 56,0	54 9 7,2	171 2 13,5
4	Веста	273 30 44,1	250 24 59,6	103 26 19,2
5	Астрея	80 56 2,7	134 35 35,7	141 24 48,5
6	Геба	269 8 16,9	15 22 12,6	138 37 21,4
7	Ирида	114 59 23,8	41 29 40,8	259 47 16,1
8	Флора	68 48 31,9	32 54 28,3	110 17 48,6
9	Метидя	118 18 13,7	71 25 23,1	68 33 34,3
10	Гигея	354 47 47,6	227 47 58,8	287 38 34,2
11	Пареснопа	177 7 8,7	317 7 17,7	125 5 7,8
12	Викторія	7 42 4,9	301 39 25,0	235 34 41,7
13	Эгерія	356 17 47,4	118 55 5,3	43 18 46,2
14	Ирена	63 39 50,3	179 26 54,9	86 40 14,9
15	Эвномія	350 40 57,8	27 32 53,7	293 56 42,8
16	Психея	314 0 35,9	13 10 54,3	150 34 38,1
17	Оетидя	245 5 1,1	260 40 8,1	125 21 37,2
18	Мелпмена	109 39 39,4	15 20 22,1	150 5 18,6
19	Фортуна	41 51 13,5	30 29 32,3	211 27 18,2
20	Массалия	228 8 15,0	98 30 48,9	206 41 37,5
21	Лутеція	41 24 2,2	327 3 11,9	80 27 48,9
22	Калліопа	224 46 26,6	56 34 13,1	66 36 21,8
23	Талія	20 39 57,9	124 4 20,3	67 38 37,2
24	Оемида	130 4 38,5	139 8 5,2	36 9 9,5
25	Фоксѣя	108 4 27,7	302 53 58,3	214 3 0,1
26	Прозерпина	181 21 21,0	235 17 26,9	45 53 19,4
27	Эвтерпа	183 59 9,4	87 46 14,2	93 45 48,3
28	Беллона	94 6 20,5	122 24 27,6	144 38 58,1

Р О Н Д Ы.

тыхъ въ последнее время. Въмѣсто эксцентритетовъ, времени
 отъ Солнца въ ней даны :

эллипсеа съ радіусомъ векторомъ конца этой оси.
 движеніе.

полуоси или средняго разстоянія.

среднему времени.

i	φ	μ	la	E
10° 36' 19",8	4° 39' 0",6	770",89561	0,4420073	1862, апр. 4 ⁴⁰
34 43 15,7	13 54 2,5	769,64926	0,4424758	1862, мар. 22,0
13 3 2,5	14 47 6,6	813,37879	0,4264759	1862, апр. 16,0
7 8 4,5	5 6 6,0	977,98733	0,3731156	1862, іюня 29,0
5 19 35,2	10 57 8,3	857,94857	0,4110302	1850, янв. 0,0
14 46 38,0	11 42 20,7	939,80679	0,384645	1862, мая 31,0
5 27 57,4	13 22 13,1	962,5112	0,3777337	1860, февр. 9,0
5 53 8,0	9 0 56,3	1086,33098	0,3426963	1848, янв. 1,0
5 35 57,3	7 3 20,3	962,5196	0,3777313	1862, янв. 29,5
3 47 9,3	5 46 16,6	634,84912	0,4982241	1851, сент. 17,0
4 37 2,0	5 39 42,6	923,44805	0,3897300	1861, мар. 10,0
8 23 17,7	12 38 44,9	994,83472	0,3681389	1851, янв. 0,0
16 31 50,5	4 59 38,0	857,77285	0,411090	1862, сент. 12,0
9 7 4,7	9 30 42,0	851,49471	0,4132165	1857, нояб. 5,0
11 44 4,1	10 46 12,2	825,2107	0,422295	1860, авг. 28,0
3 4 4,1	7 44 13,2	709,7474	0,465935	1859, іюля 18,0
5 36 5,6	7 20 0,5	912,2132	0,3932735	1860, іюля 12,0
10 9 3,0	12 32 17,2	1019,4198	0,361102	1861, февр. 4,0
1 32 30,2	9 2 46,7	930,04477	0,3876685	1860, нояб. 8,0
0 41 11,4	8 18 24,4	949,26488	0,381746	1862, мая 20,5
3 5 9,5	9 19 33,9	933,55542	0,3865777	1853, янв. 2,0
13 45 28,4	5 51 7,4	714,95583	0,4638182	1860, янв. 0,0
10 13 12,2	13 24 38,0	832,8185	0,419637	1860, сент. 17,0
0 48 52,6	6 43 11,5	637,09299	0,4972025	1858, апр. 14,0
21 34 54,9	14 45 40,1	954,32222	0,380208	1863, янв. 13,0
3 35 40,1	5 1 15,7	819,68153	0,4242410	1857, мар. 20,0
1 35 30,3	9 58 54,1	986,71361	0,370544	1862, апр. 12,5
9 21 23,7	8 38 59,5	766,14184	0,4437983	1857, дек. 15,0

		<i>L</i>	<i>π</i>	<i>Ω</i>
29	Амфитрита	170° 35' 42",5	57° 27' 36",5	356° 28' 21",1
30	Уранія	73 59 9,5	30 58 49,6	308 16 8,4
31	Евфрозина	53 49 50,3	93 51 6,6	31 25 23,0
32	Помона	134 30 20,0	193 33 42,5	220 48 1,4
33	Полигимнія	277 55 23,3	340 40 52,5	9 18 35,1
34	Цирцея	105 34 22,0	150 14 45,2	184 42 23,0
35	Левкоtea	177 16 51,0	200 58 38,4	355 51 10,3
36	Атланта	71 20 46,7	42 38 20,0	359 10 46,4
37	Фидея	32 15 32,4	66 5 43,8	8 9 18,9
38	Леда	112 58 27,6	100 51 44,3	296 27 34,9
39	Летиція	146 41 34,5	2 11 36,7	157 20 6,6
40	Гармонія	69 52 0,0	0 13 31,5	93 35 5,6
41	Дафна	205 52 47,5	236 52 17,1	179 55 11,8
42	Пиза	247 46 19,5	317 59 39,2	84 31 6,9
43	Аріадна	224 3 22,1	277 13 26,5	264 33 9,7
44	Пиза	116 18 19,1	111 28 29,3	131 3 5,2
45	Евгенія	294 34 15,0	229 42 53,8	148 5 51,3
46	Гестія	356 30 44,0	354 43 6,1	181 32 50,2
47	Аглая	17 4 23,0	313 44 47,0	4 28 53,7
48	Доридя	16 6 47,0	76 52 38,5	185 14 13,2
49	Палестя	159 34 55,3	32 31 40,6	290 29 4,2
50	Виргинія	31 41 25,6	10 0 12,4	173 32 18,7
51	Немеза	177 11 25,3	175 10 53,1	175 39 11,2
52	Европа	136 20 51,4	101 54 57,2	129 57 16,5
53	Калпсо	162 27 23,0	92 28 10,7	144 4 18,7
54	Александра	168 33 59,9	313 49 2,8	294 54 27,9
55	Пандора	28 26 57,6	11 28 38,6	10 57 29,1
56	Мелета	330 47 22	294 37 52	194 36 46
57	Мнемозина	28 35 25,6	52 53 13,0	200 5 25,1
58	Конкордія	162 28 26,1	180 17 24,0	161 11 39,8
59	Элида	109 37 23,7	17 4 43,2	170 21 58,8
60	Даная	73 6 25,4	342 44 12,7	334 16 57,9
61	Эхо	38 4 6,5	98 28 25,3	191 57 53,0
62	Эрато	96 3 10,7	34 4 53,4	126 11 3,7
63	Авзонія	177 5 1,5	269 4 44,3	338 4 8,2
64	Ангелина	170 44 16,7	126 28 10,5	311 2 28,4

<i>i</i>	<i>φ</i>	<i>μ</i>	<i>la</i>	<i>E</i>
6° 7' 55",2	4 10' 25",8	868",42777	0,407516	1862, мар. 18 ⁴ ,5
2 6 1,8	7 19 54,3	975, 32018	0,373907	1862, дек. 17,0
26 25 12,4	12 28 29,8	632, 80310	0,499159	1855, янв. 0,0
5 28 49,1	4 37 26,6	851, 7238	0,413139	1860, янв. 25,0
1 56 56,6	19 44 24,3	732, 1372	0,4569427	1858, июл. 6,0
5 26 37,5	6 3 45,2	805, 53037	0,4292831	1863, янв. 3,0
8 9 46,8	12 26 15,4	681, 3009	0,477628	1860, мар. 21,0
18 41 51,6	17 17 6,3	778, 94180	0,439001	1861, янв. 0,0
3 7 9,2	10 4 40,3	826,068154	0,4219938	1855, нояб. 16,0
6 58 25,3	8 56 30,7	782, 2500	0,4377740	1856, янв. 0,0
10 20 58,3	6 22 43,8	769, 6480	0,442477	1856, янв. 1,0
4 16 3,4	2 40 35,0	1039, 4485	0,3554690	1861, нояб. 18,0
15 12 47,8	16 24 9,8	844, 952	0,415450	1856, мал. 22,5
8 34 29,8	13 2 20,4	930, 94112	0,3873896	1860, янв. 1,0
3 27 38,6	9 37 46,6	1084, 8825	0,3430841	1857, апр. 17,0
3 41 40,9	8 38 50,9	939, 7419	0,3846653	1860, янв. 28,0
6 34 55,8	4 43 26,5	790, 95527	0,434570	1858, янв. 0,0
2 17 37,2	9 28 40,2	883, 72626	0,4024592	1862, янв. 0,0
5 0 36,5	7 27 21,8	725, 22820	0,4596879	1858, февр. 7,0
6 29 40,9	4 24 47,1	647, 12401	0,4926794	1858, февр. 3,0
3 8 45,1	13 47 53,4	656, 3351	0,4885873	1860, янв. 28,0
2 47 53,6	16 40 32,5	823, 1440	0,423021	1858, янв. 0,0
3 47 53,0	9 56 47,3	975, 21529	0,3739374	1858, мар. 25,5
7 24 40,3	5 49 26,7	650, 1472	0,4913299	1858, янв. 0,0
5 6 59,0	11 55 47,7	837, 370	0,418060	1858, апр. 8,5
11 47 13,1	11 20 27,1	793, 13473	0,4337730	1861, янв. 8,0
7 13 28,1	8 9 55,9	773, 98506	0,4408494	1858, дек. 30,0
8 3 30	13 7 36	846, 72	0,414845	1857, сент. 13,0
15 8 1,6	5 58 34,4	632, 46330	0,4993142	1860, янв. 1,0
5 1 6,7	2 18 7,6	802, 2385	0,4304687	1860, янв. 0,0
8 37 53,4	6 45 9,5	793, 2911	0,4334160	1862, янв. 0,0
18 16 32,9	9 41 48,7	681, 4933	0,4776966	1862, янв. 0,0
3 34 21,5	10 38 41,4	958, 43568	0,3786924	1861, янв. 0,8
2 12 21,1	9 51 6,4	640, 49134	0,4956622	1862, янв. 0,0
5 46 48,0	7 13 12,1	956, 490	0,379552	1861, мар. 5,0
1 19 40,0	7 10 15,4	809, 508	0,427857	1861, апр. 0,0

		<i>L</i>	π	Ω
65	Кибела	181° 9' 11",2	258° 10' 1",2	158° 25' 36",1
66	Мая	183 16 42,3	43 54 23,8	8 11 59,8
67	Азія	250 35 33,5	306 31 55,4	202 31 32,5
68	Лето	282 33 47,2	358 57 32,0	44 37 54,7
69	Гесперія	158 57 16,3	118 19 45,1	186 54 58,5
70	Панопей	253 11 36,7	299 3 0,2	48 21 0,3
71	Нюба	322 15 20,8	221 59 19,0	316 18 7,4
72		213 3 24,1	329 22 16,5	208 1 28,0
73	Клїтія	189 47 11,9	61 33 57,1	7 32 18,9

<i>i</i>	φ	μ	<i>la</i>	<i>E</i>
3° 24' 24",7	7° 20' 28",4	558",1762	0,535490	1861, янв. 04,0
3 4 8,8	8 52 19,5	820, 71	0,423879	1861, мая 16,0
5 57 5,9	10 49 1,8	945, 4575	0,382910	1861, мая 3,0
8 10 16,5	9 46 31,1	789, 8000	0,434993	1862, янв. 0,0
8 27 26,0	10 1 19,9	662,0986	0,486056	1861, апр. 30,0
11 14 37,1	12 55 2,4	813,222	0,426532	1861, іюня 0,0
23 17 57,5	9 58 55,8	775,41536	0,4403148	1861, сент. 25,5
5 23 16,2	6 50 26,0	1129,372	0,331446	1861, мая 29,4
2 24 57,6	2 36 15,5	815,3209	0,4257853	1862, мая 25,8

3. КЪМЪ И КОГДА АСТЕРОИДЫ БЫЛИ ОТКРЫТЫ.

1	Церера.	Пиацци.	1801, января 1.
2	Паллада.	Олберсъ.	1802, марта 28.
3	Юнона	Гардингъ.	1804, сентября 1.
4	Веста.	Олберсъ.	1807, марта 29.
5	Астрея.	Гепке.	1845, декабря 8.
6	Геба	Гепке.	1847, юля 1.
7	Ирида	Гейндъ.	1847, августа 13.
8	Флора.	Гейндъ.	1847, октября 18.
9	Метидя.	Грэмъ (Graham).	1848, апрѣля 26.
10	Гигея.	Гаспарисъ.	1849, апрѣля 12.
11	Паронона.	Гаспарисъ.	1850, мая 11.
12	Викторія.	Гейндъ.	1850, сентября 13.
13	Эгерія.	Гаспарисъ.	1850, ноября 2.
14	Ирена.	Гейндъ.	1851, мая 19.
15	Эвномія.	Гаспарисъ.	1851, юля 29.
16	Цепхей.	Гаспарисъ.	1852, марта 17.
17	Фетида.	Лутеръ.	1852, апрѣля 17.
18	Мелпомена.	Гейндъ.	1852, юня 24.
19	Фортуна.	Гейндъ.	1852, августа 22.
20	Массалия.	Гаспарисъ.	1852, сентября 19.
21	Лутеція.	Гольдшмидтъ.	1852, ноября 15.
22	Калліона.	Гейндъ.	1852, ноября 16.
23	Талія.	Гейндъ.	1852, декабря 15.
24	Фемидя.	Гаспарисъ.	1853, апрѣля 5.
25	Фокея.	Шакорнакъ.	1853, апрѣля 6.
26	Прозерпина	Лутеръ.	1853, мая 5.
27	Эвтерпа.	Гейндъ.	1853, ноября 8.
28	Беллона.	Лутеръ.	1854, марта 1.
29	Амфитрита	Мартъ.	1854, марта 1.
30	Урація.	Гейндъ.	1854, юля 22.
31	Евфрозина.	Фергюсонъ.	1854, сентября 1.
32	Помона.	Гольдшмидтъ.	1854, октября 26.
33	Полигимнія.	Шакорнакъ.	1854, октября 28.
34	Цирцел.	Шакорнакъ.	1855, апрѣля 6.
35	Левкотей.	Лутеръ.	1855, апрѣля 19.
36	Аталанта.	Гольдшмидтъ.	1855, октября 5.
37	Фимесъ.	Лутеръ.	1855, октября 5.
38	Леда.	Шакорнакъ.	1856, января 12.
39	Летиція.	Шакорнакъ.	1856, февраля 8.
40	Гармонія	Гольдшмидтъ.	1856, марта 31.
41	Дафна.	Гольдшмидтъ.	1856, мая 22.

42	Изида.	Погсонъ.	1856, мая 23.
43	Аріадна.	Погсонъ.	1857, апрѣля 15.
44	Низа.	Гольдшмидтъ.	1857, января 28.
45	Евгенія.	Гольдшмидтъ.	1857, юня 28.
46	Гестія.	Погсонъ.	1857, августа 16.
47	Аглая.	Лутеръ.	1857, сентября 15.
48	Дорѣда.	Гольдшмидтъ.	1857, сентября 19.
49	Палестъ.	Гольдшмидтъ.	1857, сентября 19.
50	Виргинія.	Фергюсонъ.	1857, октября 4.
51	Немавза.	Лоранъ.	1858, января 22.
52	Европа.	Гольдшмидтъ.	1858, февраля 4.
53	Калипсо.	Лутеръ.	1858, апрѣля 4.
54	Александра.	Гольдшмидтъ.	1858, сентября 10.
55	Пандора.	Сирль (Searle).	1858, сентября 10.
56	Мелета.	Гольдшмидтъ.	1857, сентября 9.
57	Мнемозина.	Лутеръ.	1859, сентября 22.
58	Копкордія.	Лутеръ.	1860, марта 24.
59	Элида.	Шакорнакъ.	1860, сентября 12.
60	Даная.	Гольдшмидтъ.	1860, сентября 9.
61	Эхо.	Фергюсонъ.	1860, сентября 14.
62	Эрато.	Ферстеръ и Лессеръ.	1860, сентября 14.
63	Авзонія.	Гаспарисъ.	1861, февраля 10.
64	Ангеліна.	Темпель.	1861, марта 4.
65	Кибела.	Темпель.	1861, марта 8.
66	Мая.	Тюттль.	1861, апрѣля 10.
67	Азія.	Погсонъ.	1861, апрѣля 17.
68	Лето.	Лутеръ.	1861, апрѣля 29.
69	Гесперія.	Шіанарелла.	1861, апрѣля 29.
70	Панопея.	Гольдшмидтъ.	1861, мая 8.
71	Ніоба.	Лутеръ.	1861, августа 13.
72		Петерсъ.	1861, мая 29.
73	Клитія.	Тюттль.	1862, апрѣля 7.

Примѣчаніе. Элементы орбитъ Меркурія, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Урана заимствованы изъ сборника астрономическихъ таблицъ и формулъ Бэйли (*Astronomical Tables and Formulae*); это тѣ самыя элементы, которые приняты за основаніе таблицъ Делабра, составленныхъ по формуламъ Лапласа. Элементы Урана и Нептуна приближительны; первые, вѣдѣствіе открытія Нептуна, должны подвергнуться значительнымъ поправкамъ, но такъ

какъ величина ихъ еще не опредѣлена окончательно, потому что элементы и масса послѣдней планеты не могли еще быть вычислены съ надлежащею точностію, то и призвано болѣе удобнымъ удержать на время прежніе элементы въ ихъ настоящемъ видѣ, нежели подвергнуть ихъ несовершенному исправленію. Элементы Нептуна показаны по вычисленію Сирса Уокера (Sears Walker) и заимствованы изъ *Berliner Jahrbuch* за 1858 г., стр. 408. Массы планетъ, кромѣ Нептуна, показаны тѣ, которыя, по внимательномъ соображеніи всѣхъ авторитетовъ, предложилъ Энке въ *Astron. Nachr.*, № 443. Масса Нептуна вычислена проф. Пирсомъ по наблюденіямъ Бонда и Ласселя надъ спутникомъ этой планеты. Плотности выведены изъ величинъ M , D . и ε .

Элементы астероидовъ предложены въ книгѣ Гершеля только для 50 первыхъ изъ нихъ; наша таблица дополнена и показанныя въ ней величины для маленькихъ планетъ 1—71 взяты изъ берлинской эфемериды на 1864 годъ. Элементы астероидовъ 72 и 73-го выписаны изъ *Astronom. Nachr.*, т. LVII, стр. 131 и т. LVIII, стр. 29.

Элементы новооткрытыхъ астероидовъ на основаніи послѣдующихъ наблюденій должны подвергнуться существеннымъ исправленіямъ. Орбиты Астрей и Гигеи сближаются между собою около ихъ общаго узла на разстояніе 0,006 радіуса земной орбиты. Многія названія астероидовъ выбраны очень неудачно и могутъ давать поводъ къ обмолвкамъ и опечаткамъ; таковы имена: Прида и Изиды, Лутеція и Летиція, Оетида и Метида, Оетида и Оемида, Веста и Гестія, Эгерія и Евгения и друг. Можно пожелать, чтобы астрономы пересмотрѣли названія, данныя ими открытымъ ими планетамъ; время еще не ушло, а Нимфы, Дріады и Океаниды представляютъ неисчерпаемый выборъ благозвучныхъ классическихъ именъ.

III.

Синоптическая таблица элементовъ спутниковъ.

Разстоянія выражены въ экваторіальныхъ радіусахъ центральныхъ тѣлъ. Гдѣ не обозначено, тамъ эпохою служитъ 1 января 1801 года. Періоды выражены въ среднихъ солнечныхъ суткахъ.

1. Л у н а.

Среднее разстояніе отъ Земли.	60 ^p , 27343300
Среднее звѣздное обращеніе.	27 ^d , 321661418
Среднее синодическое обращеніе.	29 ^d , 530588715
Эксцентриситетъ орбиты.	0,054908070
Среднее обращеніе узловъ.	6793 ^d , 391080
Среднее обращеніе апогея.	3232 ^d , 575343
Средняя долгота узла въ эпоху.	13° 53' 17", 7
Средняя долгота перигея въ эпоху.	266 10 7,5
Среднее наклоненіе орбиты.	5 8 39,96
Средняя долгота Луны въ эпоху.	118 17 8,3
Масса, принимая массу Земли за 1.	0,011,364
Діаметръ въ верстахъ.	3265,5
Плотность, принимая за 1 плотность Земли.	0,556

2. СПУТНИКИ ЮПИТЕРА.

Спутник.	Звѣздное обращеніе.	Сред. разсто- яніе.	Наклон. орбиты къ неподвижной пло- скости, особой для каждаго спутника.	Наклон. непод- виж. плоскости къ плоск эква- тора планеты.	Обратное обра- щеніе узловъ къ неподв. плоскости въ годахъ.	Масса, принята массу Юпитера за 1:000 000 000
Первый.	14 18 ^h 27 ^m 33 ^s , 506	6,04853	0° 0' 0"	0° 0' 6"	17328	
Второй.	3 13 14 36, 393	9,62347	0 27 50	0 1 5	29,9142	23235
Третій.	7 3 42 33, 362	15,35024	0 12 20	0 5 2	141,7390	88497
Четвертый.	16 16 31 - 49, 702	26,99835	0 14 58	0 24 4	531,0000	42659

Эксцентриситеты орбитъ 1-го и 2-го спутниковъ незамѣтны, у 3-го и 4-го спутника эксцен-трицитетъ малый и перемѣнный отъ вліянія ихъ взаимныхъ возмущеній.

3. СПУТНИКЪ САТУРНА.

Названіе.	Звѣздное обращеніе.	Среднее раз- стояніе.	Эпоха.	Средняя долготѣ въ эпоху.	Эксцентри- цитетъ.	Перисатурій.
1 Мимасъ. . . .	04 22 37 22,9	3,3607	1790,0	256° 58' 48"		
2 Энцеладъ. . .	1 8 53 6,7	4,3125	1836,0	67 41 36		
3 Тетиса. . . .	1 21 18 25,7	5,3396	1836,0	313 43 48	0,04?	54°?
4 Диона. . . .	2 17 41 8,9	6,8398	1836,0	327 40 48	0,02?	42°?
5 Рея.	4 12 25 10,8	9,5528	1836,0	353 44 0	0,02?	95°?
6 Титанъ. . . .	15 22 41 25,2	22,1450	1830,0	137 21 24	0,029314	256 38' 11"
7 Гиперіонъ. . .	21 7 7 40,8	26,7834	— —	— — —		
8 Япетъ.	79 7 53 40,4	64,3390	1790,0	269 37 48		

Долготы считаются въ плоскости кольца отъ его нисходящаго узла на эклиптикѣ. Первые семь спутниковъ обращаются или въ самой плоскости кольца или въ плоскости весьма мало къ ней наклонной; восьмой спутникъ, движется въ плоскости, раздѣляющей собою почти пополамъ уголъ, составляемый плоскостію кольца съ плоскостію орбиты. Аполло Титана имѣютъ прямое движеніе по долготѣ (на эклиптикѣ) и описываютъ въ годъ 30' 28".

Гиперіонъ открытъ недавно, въ ночь 19 сентября 1848 года, Ласселемъ и Бондомъ. Его разстояніе и среднее обращеніе показаны почти гадательно. Кэтеръ, Энке и Лассель согласно утверждаютъ, что кольцо раздѣлено многими узкими черными линіями, кромѣ широкой черной черты, видимой въ обыкновенныя трубы.

4. СПУТНИКА УРАНА.

Названіе.	Звѣздное обращеніе.	Среднее разстояніе.	Узлы и наклоненія.
1 Аріэль.	24 12 ^ч 29 ^м 20 ^с ,66	7,40	Орбиты наклонены къ эклиптикѣ надъ угломъ въ 78° 58.
2 Умбриэль.	4 3 28 8,00	10,31	долгота восходящаго узла ихъ плоскости равняется 165°
3 Титанія.	8 16 56 31, 30	16,92	30' (относительно равноденствія 1798 г.). Движеніе спутниковъ обратное. Орбиты ихъ почти круглыя.
4 Оберонъ.	13 11 7 12, 6	22,56	

5. СПУТНИКЪ НЕПТУНА.

Звѣздное обращеніе—5^ч 21^м 2^с 43^с. Долгота восходящаго узла — 175° 40' ? Долгота перигелія — 177° 30' ? Наклоненіе орбиты къ эклиптикѣ—151° 0' ? Эксцентриситетъ—0, 10597 ? Среднее разстояніе около 12 радіусовъ планеты (Гейнцъ, *Astr. Soc. Notices*, т. XV, стр. 47).

IV.

ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТЪ.

t — означаетъ время прохожденія чрезъ перигелій; π — долготу перигелія; Ω — долготу восходящаго узла въ эпоху прохожденія чрезъ перигелій; i — наклоненіе орбиты къ эклиптикѣ; a — полусось; e — эксцентрицитетъ; P — періодъ обращенія.

	ком. Галлея.	Энке.	Беза.	Фей.	Вико.	Бюрсена.
	1835 г.	1845 г.	1846 г.	1843 г.	1844 г.	1846 г.
t .	нояб. 6. 15. 22. 41. 22 ^о	авг. 9. 15. 11. 11 ^о	фев. 11. 0 ^ч 2. 50 ^о	окт. 17. 34. 2. 16 ^о	сен. 2. 11. 36. 53 ^о	фев. 25. 9. 13. 35 ^о
π .	304 ^о 31' 32"	157 ^о 41' 21"	109 ^о 5' 47"	49 ^о 34' 19"	342 ^о 31' 15"	116 ^о 28' 34"
Ω .	55 9 59	334 19 33	245 56 58	209 29 19	63 49 31	102 39 36
i .	17 46 5	13 7 34	12 34 14	11 22 31	2 54 45	30 55 7
a .	17,98796	2,21640	3,50182	3,81179	3,09946	3,15021
e .	0,967391	0,847436	0,755471	0,555962	0,617256	0,793629.
P .	27865,74	12054,23	23934,52	27184,26	19934,09	2042,24
движеніе	обратное.	прямое.	прямое.	прямое.	прямое.	прямое.

Полный списокъ элементовъ всѣхъ извѣстныхъ кометъ до іюня 1846 г. Читатель найдетъ въ изданномъ проф. Энке сочиненіи Олберса *Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen zu berechnen*. Списокъ составленъ докт. Галле и заключаетъ въ себѣ орбиты 178 различныхъ кометъ. Разсмотрѣніе этихъ орбитъ доставляетъ для статистики кометъ слѣдующія данныя, болѣе точныя нежели тѣ, которыя были предложены въ § 643: Изъ 15 кометъ, которыхъ орбиты наклонены къ эклиптикѣ подъ угломъ менѣе 10° , обратное движеніе имѣютъ 3; при наклоненіи меньшемъ 20° — 9 изъ 29; при наклоненіи меньшемъ 17° , изъ 9 кометъ, описывающихъ замѣтно эллиптическія орбиты, ни одна не движется обратно; при всякомъ наклоненіи отъ 0 до 90° — изъ 37 кометъ 11 имѣютъ движеніе обратное. Такимъ образомъ болѣе обширное поле для сравненій подкрѣпляетъ наши прежнія заключенія. Куперъ также издалъ въ Дублинѣ, въ 1852 г., каталогъ 198 кометъ, заключающій въ себѣ всѣ ихъ вычисленныя орбиты и многія любопытныя примѣчанія. Комета открытая д'Аррестомъ въ 1851 г. была усмотрѣна въ ея предсказанное возвращеніе Маклиромъ на Мысь Доброй Надежды, 4 декабря 1857 г.

V.

Таблица часто употребляемыхъ въ астрономіи чиселъ.

	Число.	Логар.	дополн. лог.
Длина окружности имѣющей діаметръ 1	3,1415927	0,4971499	9,5028501
Число градусовъ въ дугѣ равной радіусу	57,2957795	1,7581225	8,2418775
Число секундъ въ дугѣ равной радіусу	206264,8	5,3144251	4,6855749
Число секундъ въ окружности, 360°	1296000	6,1126050	3,8873950
Множитель для обращенія обыкновенныхъ логарифмовъ въ натуральные	2,3025851	0,3622149	9,6377851

Скорость паденія отъ вліянія тяжести, въ одну секунду, въ футахъ (подъ шириною $35^{\circ} 16'$).	32,18169	1,5076088	8,4923912
Средній діаметръ Земли въ верстахъ.	11936,432	4,0768772	5,9231228
Множитель для приведенія звѣздныхъ сутокъ въ среднія. . .	0,9972696	9,9988126	0,0011874
Множитель для обращенія звѣзднаго года въ среднія солнечныя сутки.	365,2563612	2,5625977	7,4374023
Множитель для обращенія тропическаго года въ среднія солнечныя сутки.	365,2422414	2,5625809	7,4374191
Множитель для обращенія среднихъ синодическихъ лунныхъ мѣсяцевъ въ среднія солнечныя сутки.	29,5305887	1,4702726	8,5297264
Средній горизонтальный экваторіальный параллаксъ Солнца. .	8'',5776	0,9333658	9,0666342
Средній горизонтальный экваторіальный параллаксъ Луны. . .	3422'',325	3,5343212	6,4656788
Средній видимый діаметръ Солнца. .	961'',820	2,9830938	7,0169062
Средній видимый діаметръ Луны. .	934'',685	2,9706652	7,0293348
Коэффициентъ Обращенія . . .	20'',4452	1,3105914	8,6894086
Наибольшая величина колебанія по широтѣ	9'',2236	0,9649005	9,0350995
Наибольшая величина колебанія по долготѣ	17'',2524	1,2368495	8,7631505
Среднее годовое предвареніе равноденствія (для 1790 г.). . .	50'',23492	1,7010057	8,2989943
Коэффициентъ преломленія — преломл. при 45° высоты, при высотѣ баром. въ 19, 6 дюйм. и темпер. въ 80° р.	57'',524	1,7598491	8,2401509
Среднее горизонтальное преломленіе.	1980''	3,2966652	6,7033348
Среднее наклоненіе эклиптики къ экватору 1 января 1860 г. .	23 $^{\circ}$ 27'27'',38	— —	— —

РИСУНКИ.

- ТАБ. II. Фиг. 1. 13-я туманность Мессье, разложенная на звѣзды.
Фиг. 2. Комета 1819 г.
Фиг. 3. Туманность въ Андромедѣ.
- ТАБ. IV. Фиг. 1. Большая туманность въ Орионѣ.
Фиг. 2. Большая туманность въ Аргосѣ.
- ТАБ. VII. Начертательное изображеніе возмущеній Урана Нептуномъ.
- 

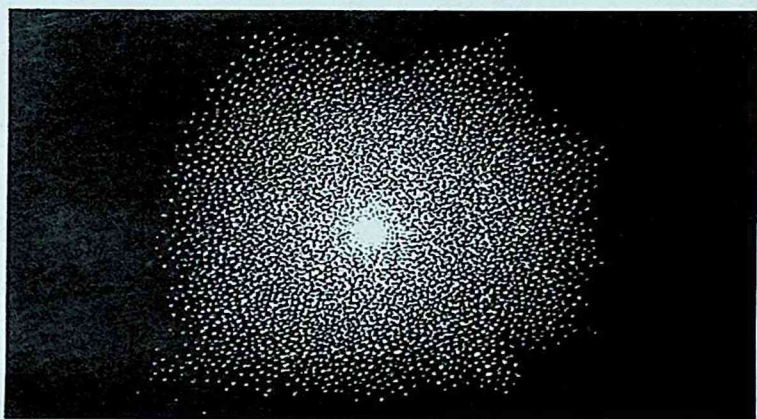


Fig. 1.

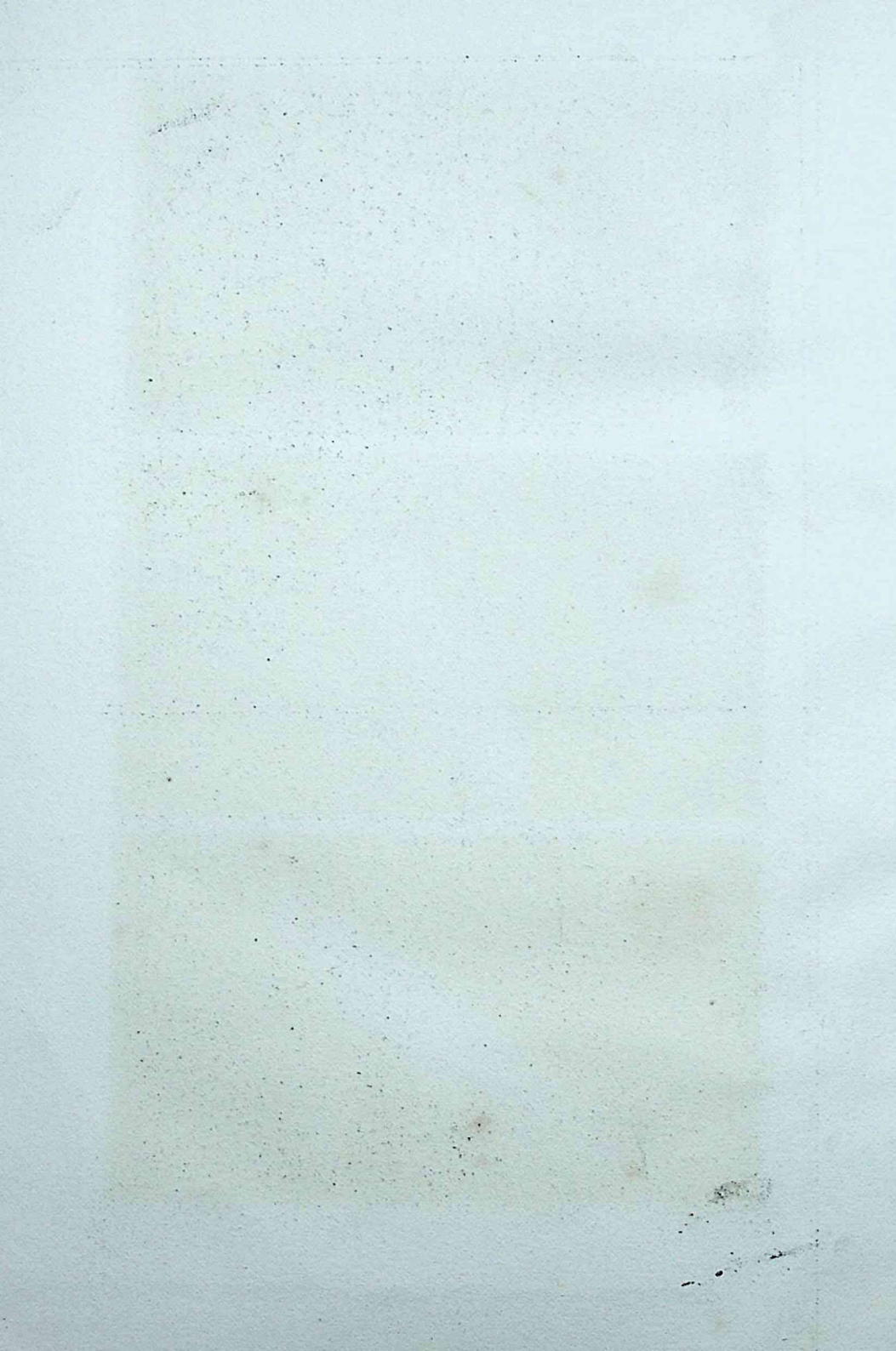


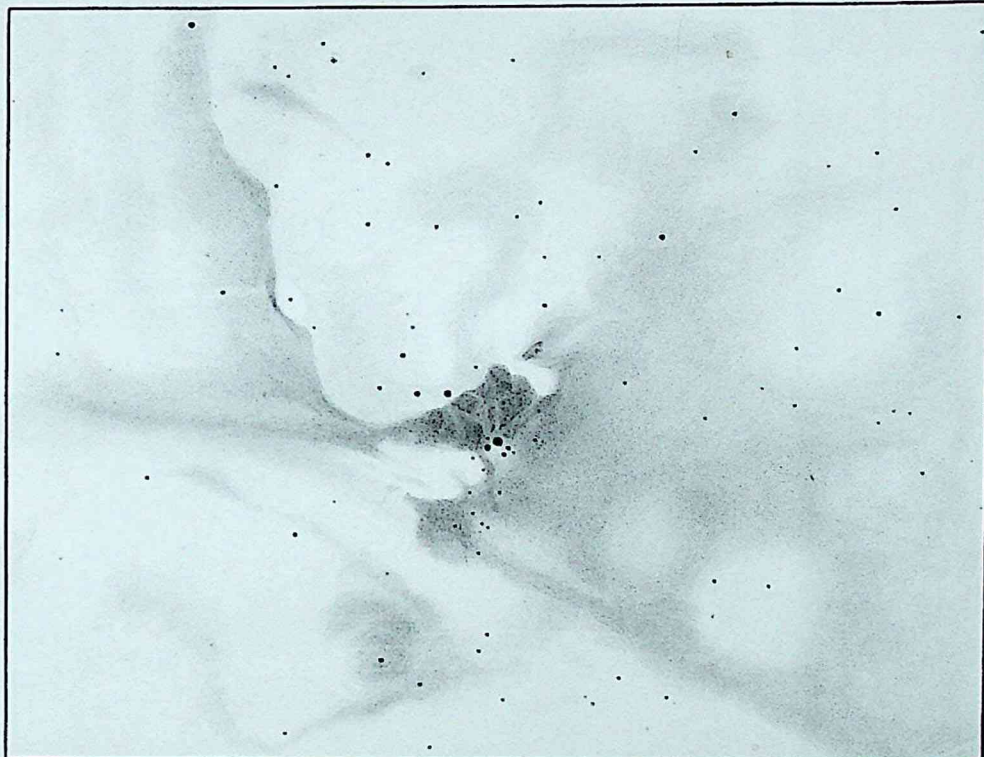
Fig. 2.

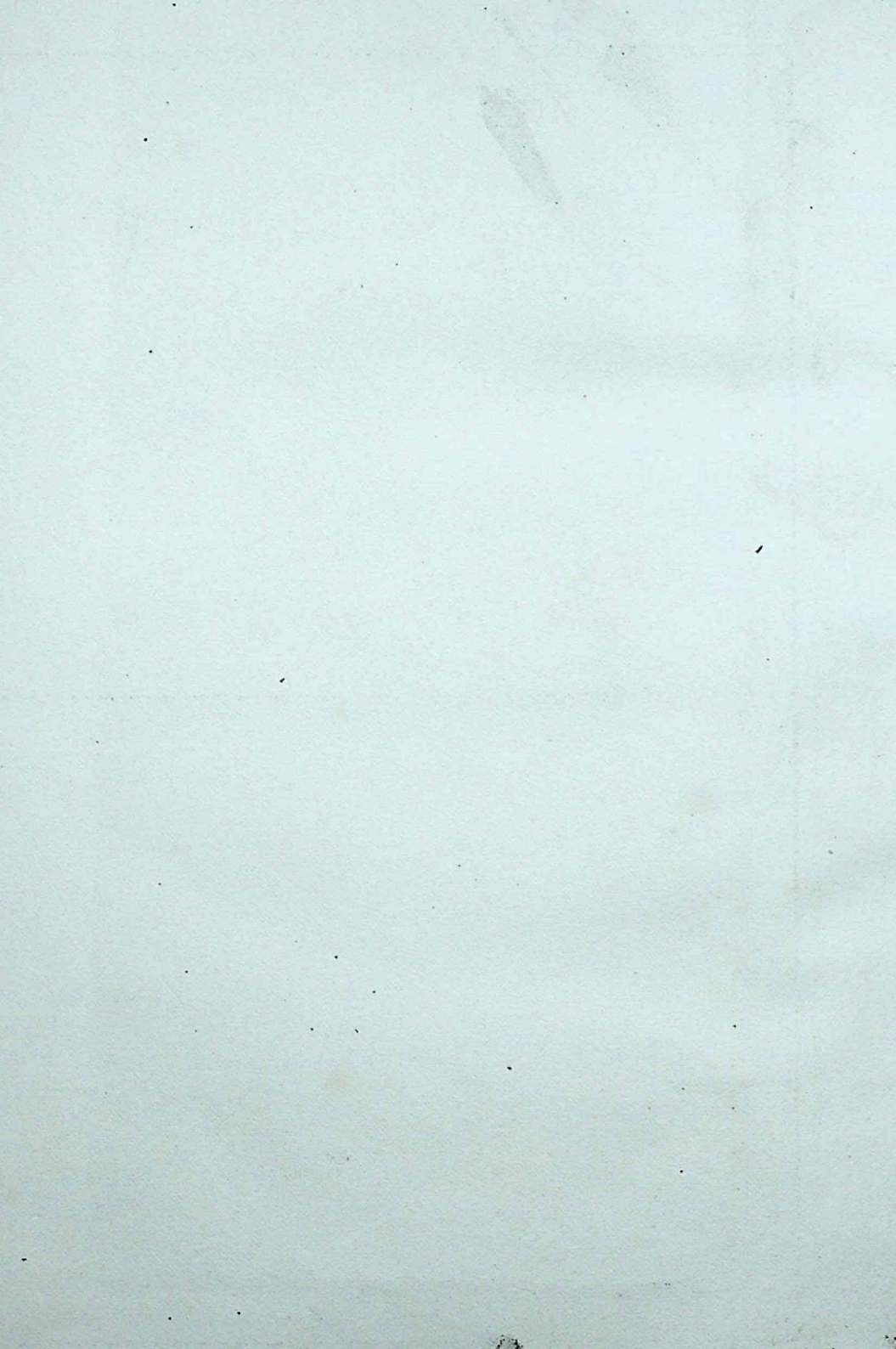


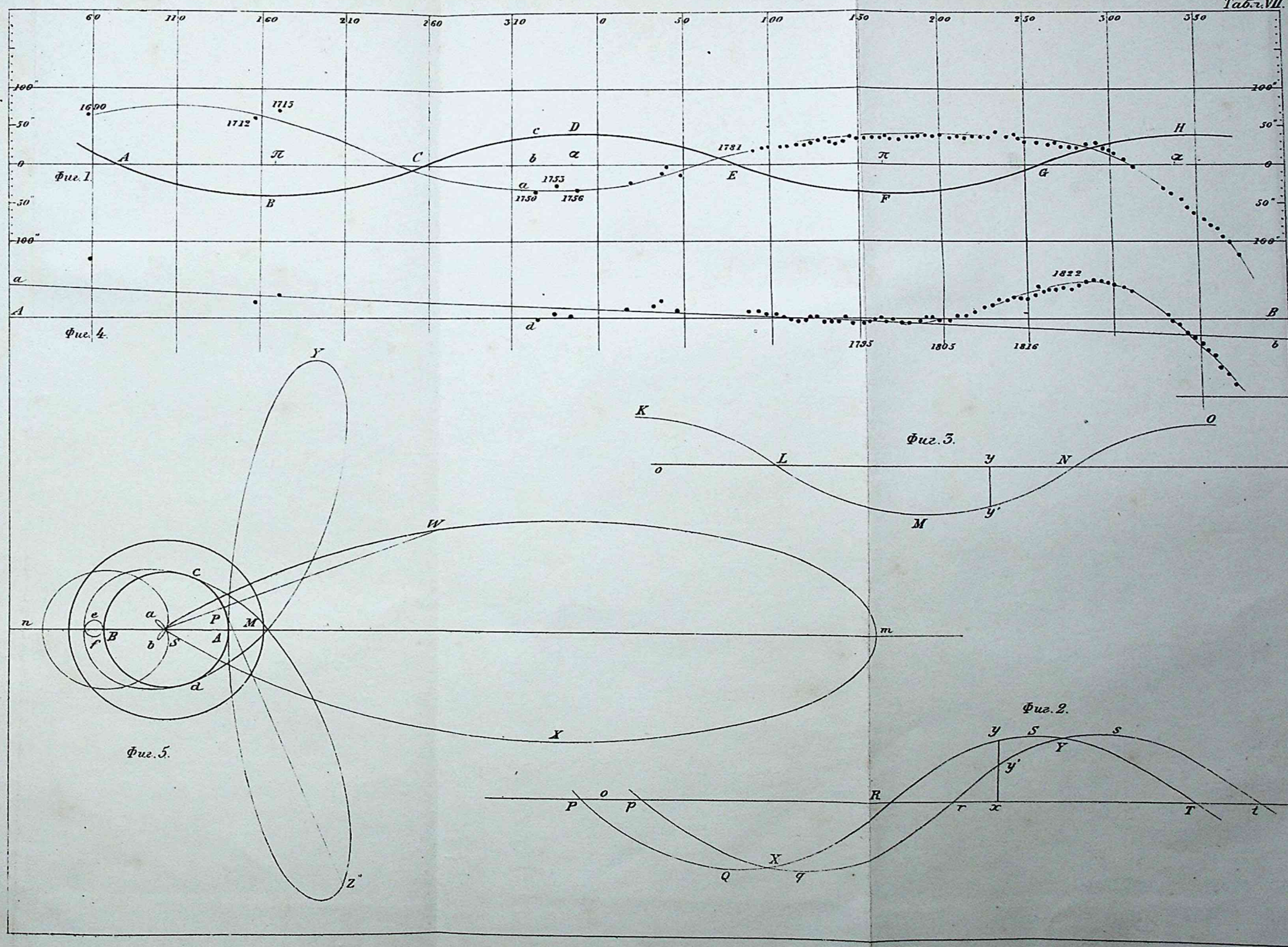
Fig. 3.

H. Adlard, sc.









Цѣна за оба тома 3 р. 50 к.

*Гдѣ книжпродатели могутъ обращаться съ своими требованіями въ
Книжную типографию Канікова и К^о, въ Архангельское переулокъ, въ Москвѣ.*





250405-19915

0-50

